

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт \_\_\_\_\_ ЭНИН \_\_\_\_\_  
Направление подготовки \_\_\_\_\_ Электроэнергетика и электротехника \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ Электротехнических комплексов и материалов \_\_\_\_\_

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка системы бесперебойного электропитания</b>

УДК 621.311.6-022.324

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Г	Атакишиев Решад Саркар оглы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Богданов Евгений Петрович	Кандидат технических наук, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Трофимова Маргарита Николаевна	Доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Егор Сергеевич			

По разделу «Технология производства электрических аппаратов»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Баранов Павел Рудольфович	Кандидат технических наук, доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	Доктор технических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

## Запланированные результаты обучения по направлению

### 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Результат обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>
Р 1 Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2 Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3 Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4 Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5 Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6 Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<b>Универсальные компетенции</b>
Р 7 Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8 Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9 Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10 Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11 Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12 Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки (специальность) 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра ЭКМ

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Г	Атакишиеву Решаду Саркар оглы

Тема работы:

Разработка системы бесперебойного электропитания

Утверждена приказом директора (дата, номер)

25.01.2016 №343/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2016

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

#### Исходные данные к работе

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Для разработки системы бесперебойного электропитания использовать следующие исходные данные:

- напряжение питания  $\sim U_c = 220 \text{ В}$ ;
- $\Delta U_c = (+10), (-15) \%$ ;
- частота напряжения питания  $f = 50 \text{ Гц}$ ;
- номинальное значение напряжения АБ (аккумуляторной батарее)

$U_{AB \text{ вх}} = 24 \text{ В}$ ;

- $U_{AB \text{ вых}} = 48 \text{ В}$ ;
- точность выходного параметра  $2 \%$ ;
- $K_p = 2 \%$ ;
- $I_{нагр. \min} = 0,1 \text{ А}$ ;
- $I_{нагр. \max} = 2 \text{ А}$ ;
- $\sim U_{вых} = 220 \text{ В}$
- $f_{вых} = 50 \text{ Гц}$ .

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Обоснование необходимости использования системы бесперебойного электропитания.</li> <li>2) Выбор оптимальной системы бесперебойного электропитания для заданных технических характеристик.</li> <li>3) Разработка системы бесперебойного электропитания согласно техническим характеристикам.</li> <li>4) Заключение по работе.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Схемы элементов электрические принципиальные;</li> <li>2) Спецификация платы управления;</li> <li>3) Сборочный чертёж платы управления.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Технология производства электрических аппаратов</p>	<p>Баранов Павел Рудольфович, доцент кафедры ЭКМ</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Трофимова Маргарита Николаевна, доцент кафедры МЭН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Невский Егор Сергеевич, ассистент кафедры ЭБЖ</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент кафедры ЭКМ</p>	<p>Богданов Евгений Петрович</p>	<p>Кандидат технических наук, доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5Г2Г</p>	<p>Атакишиев Решад Саркар оглы</p>		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 10 рис., 17 табл., 29 источников, 6 прил.

Ключевые слова: система бесперебойного электропитания, система непрерывного электроснабжения.

Объектом исследования является система бесперебойного электропитания

Цель работы – разработать систему бесперебойного электропитания, согласно данным технического задания.

В процессе исследования проводился анализ существующих систем бесперебойного электропитания.

В результате исследования аргументирована необходимость выбора системы «on-line».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- напряжение питания  $\sim U_c = 220 \text{ В}$ ;
- $\Delta U_c = (+10), (-15) \%$ ;
- частота напряжения питания  $f = 50 \text{ Гц}$ ;
- номинальное значение напряжения АБ (аккумуляторной батареи)  
 $U_{AB \text{ вх}} = 24 \text{ В}$ ;
- $U_{AB \text{ вых}} = 48 \text{ В}$ ;
- точность выходного параметра  $2 \%$ ;
- $K_p = 2 \%$ ;
- $I_{нагр.min} = 0,1 \text{ А}$ ;
- $I_{нагр.max} = 2 \text{ А}$ ;
- $\sim U_{вых} = 220 \text{ В}$
- $f_{вых} = 50 \text{ Гц}$ .

Степень внедрения: на данный момент, система бесперебойного электропитания является актуальным устройством. Велика необходимость массового внедрения проектируемого аппарата в промышленную и гражданскую сферы.

Область применения: гражданские нужды, использование на предприятии. Чаще всего система бесперебойного электропитания используется в загородных коттеджах, больницах и деревнях.

Экономическая эффективность/значимость работы является достаточно высокой с учетом соотношения вкладываемых средств и достигаемых результатов. Основную значимость работы несёт социальная сторона проекта.

В будущем планируется спроектировать систему бесперебойного электропитания с минимальными габаритами и весом, для удобства транспортировки.

## Оглавление

Введение .....	8
1. Назначение основных блоков системы непрерывного электроснабжения и их реализации .....	10
2. Описание работы системы непрерывного электроснабжения по структурной схеме .....	13
3. Расчёт основных блоков системы непрерывного электроснабжения .....	14
4. Технология производства электрических и электронных аппаратов .....	38
4.1 Технологический процесс сборки платы управления (выпрямления) системы непрерывного электроснабжения.....	38
4.2 Анализ конструкции платы управления на технологичность .....	38
4.3 Составление схемы сборки платы управления.....	40
4.4 Выбор оборудования, приспособлений для сборки и испытания платы управления.....	41
4.5 Разработка маршрутной технологии сборки платы управления .....	43
4.6 Определение норм времени на операции и оборудования.....	43
4.7 Построение графика загрузки оборудования для обеспечения заданной программы .....	45
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	47
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	48
5.2 Технология QuaD .....	49
5.3 SWOT-анализ.....	53
5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	60
5.5 Планирование научно-исследовательских работ .....	61
5.6 Определение ресурсоэффективности проекта .....	76
6 Социальная ответственность .....	79
6.1 Опасности при эксплуатации системы непрерывного электроснабжения.....	79
6.2 Анализ нанесения вреда окружающей среде .....	81
6.3 Анализ возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на рабочем участке.....	82
6.4 Мероприятия и средства по технике безопасности. ....	82
6.5 Мероприятия и средства по защите окружающей среды. ....	84
6.6 Мероприятия и средства по обеспечению защиты при чрезвычайных ситуациях .....	85
6.7 Влияние магнитного поля на организм человека и средства защита от него. ....	86
Заключение .....	88
Список используемой литературы.....	90

## Введение

В большинстве случаев питание электронной аппаратуры (ЭА) осуществляется от промышленной сети переменного тока с частотой 50 Гц напряжение такой сети регламентируется на уровне 220/380 В с допустимыми отклонениями плюс 10% минус 15%.

В реальных сетях случаются провалы напряжения до нуля, т.е. отключения сети как на короткие промежутки времени (сравнимые с периодом переменного напряжения), так и на сравнительно длительные (секунды, минуты).

Большой диапазон изменения входного напряжения при значительном разбросе требуемых установок выходного напряжения может сказаться на выборе структуры проектируемого устройства, наличие провалов питания требует использования промежуточных накопителей энергии. В связи с этим встаёт вопрос необходимости использования систем непрерывного электроснабжения (СНЭС).

Существенные отклонения параметров напряжения питающей сети от допустимых по влиянию на работу потребителей подразделяются на две группы: влекущие потерю информации и приводящие к выходу из строя оборудования.

Основными задачами системы бесперебойного электропитания является обеспечение непрерывной подачи электропитания потребителю и защита его от воздействий, ведущих к потере информации и повреждению аппаратуры.

Различают три основных класса СНЭС:

- 1) Система с постоянно работающим инвертором в нормальном режиме от выпрямленной сети переменного тока, а в аварийном – от аккумуляторной батареи. Такие СНЭС называют «on-line».
- 2) Источники резервированного питания «of-line», работающие в нормальном режиме от сети, при выключенном инверторе, включающемся в работу при отклонениях напряжения сети за допустимые предел или полном его отсутствии.



- 3) Гибридные, в которых обычные системы «on-line» дополняются устройствами, ограничивающими импульсные перенапряжения и просадку сети переменного тока.

Основным требованиям технического задания удовлетворяет любая из приведённых выше систем. Поэтому при проектировании СНЭС необходимо воспользоваться дополнительными требованиями. К ним могут относиться массогабаритные показатели, время переключения с основного источника на резервный, наличие сервисных устройств – диагностика состояния, световая и звуковая индикация, гальваническая развязка нагрузки от сети, высокая надёжность и низкая цена, электробезопасность обслуживающего персонала. С учётом анализа дополнительных требований, выбрана система «on-line».

# 1. Назначение основных блоков системы непрерывного электроснабжения и их реализации

1.1 **Входной сетевой выпрямитель** в зависимости от питающей сети может быть одно- или трёхфазным, неуправляемым, а для расширения функциональных возможностей (изменения уровня выпрямленного напряжения) – управляемым. Основной задачей выпрямителя является преобразование переменного тока в постоянный. В сетевые выпрямители входят сетевые фильтры для защиты СНЭС от коммутационных помех, устройства плавного включения источника для предотвращения опасных бросков тока заряда конденсатора при включении.

1.2 **Сглаживающий фильтр** выполняет функции фильтрации (уменьшения) переменной составляющей выпрямленного напряжения до уровня, который требуется по условиям эксплуатации для регулирующего органа (РО), питающегося от входного выпрямителя, ограничения зарядного тока конденсатора фильтра, компенсации кратковременных провалов напряжения питающей сети. В зависимости от того, на каких элементах выполнены фильтры, они делятся на пассивные (R, L, C - фильтры) и активные – электронные фильтры. Критерием для выбора величины пульсаций на выходе фильтра может быть допустимая амплитуда переменной составляющей на конденсаторе. Оценка сглаживающих действий фильтра производится по величине его коэффициента сглаживания, определяемого отношением коэффициента пульсаций на входе фильтра (выходе выпрямителя) к коэффициенту пульсаций на его выходе. При расчёте фильтров на его выходе обычно учитывают только постоянную составляющую выпрямленного напряжения и основную гармонику пульсаций, т.к. амплитуды высших гармоник с увеличением номера гармоник резко падают. Наиболее эффективно осуществляется сглаживание пульсаций при помощи Г-образных фильтров, составленных из дросселей и конденсаторов.

**1.3 Задача инвертора (И)** – преобразование постоянного напряжения, поступающего с выхода выпрямителя или от источника постоянного тока, в переменное прямоугольное или синусоидальное с одновременным регулированием на выходе его среднего значения. Одним из вариантов реализации этих задач может быть использование регулятора постоянного напряжения на базе непосредственного преобразователя напряжения (НПН) и нерегулируемого инвертора. Наиболее часто для этих целей используют инверторы с широтно-импульсным регулированием. Регулирующие органы с прямоугольным выходным напряжением наиболее просты в реализации, но обладают определёнными недостатками. Наличие высокочастотных гармоник, превышающих допустимый уровень, в выходном напряжении может вызвать помехи в работе оборудования, содержащего линейные блоки питания или питающегося через понижающий трансформатор. К таким потребителям относятся офисные АТС (автоматические телефонные станции), радио и телеоборудование, измерительная и медицинская аппаратура. Выгодно использовать прямоугольное напряжение там, где СНЭС подключают импульсные блоки питания, имеющие структуру «выпрямитель – накопительный конденсатор высокой ёмкости – импульсный преобразователь». В этом случае форма выходного напряжения не оказывает существенного влияния на работу блоков питания.

**1.4 Схема управления СНЭС** предназначена для обеспечения работоспособности системы во всех режимах и по принципу действия может быть реализована: аналоговой – с использованием дискретных полупроводниковых элементов; цифровой – в ней функциональные узлы выполнены на базе логических элементов или цифровых интегральных микросхем более высокого уровня. Ещё более высокий уровень интеграции достигается использованием микропроцессорной техники. Схема управления инвертором основного канала формирует сигналы управления силовыми ключами по заданному алгоритму и обеспечивает

тем самым возможность регулирования выходного напряжения в требуемом диапазоне. Структура постарения схемы управления может быть либо одноканальной, в которой разделение сигналов управления осуществляется на последнем этапе, либо многоканальной – в ней управляющие каждым ключом сигналы формируются независимыми каналами.

1.5 Сопряжение управляющих входов ключей силового инвертора с выходами схемы управления требует установки **усилителей мощности**, обеспечивающих усиление сигналов управления по мощности и согласование их по уровню напряжения. Важным моментом является и обеспечение гальванической развязки высоковольтных ключей от схемы управления, особенно в мостовых схемах, в которых силовые транзисторы уже связаны между собой гальванически. Согласование сигналов по мощности решают обычно с помощью транзисторных импульсных усилителей. Гальваническая развязка может быть обеспечена как оптоэлектронными приборами, так и установкой в выходных каскадах усилителей развязывающих трансформаторов.

1.6 **На блок защиты** возлагается задача ограничения несанкционированного изменения тока и напряжений, превышающих допустимые техническими условиями эксплуатации значения, на полупроводниковых и других элементах системы. Использование традиционных средств защиты от аварийных перегрузок (плавких предохранителей, токовых реле теплового или электромеханического действия) не обеспечивает защиты полупроводниковых элементов ввиду недостаточного быстродействия при высоких скоростях развития опасных процессов (сверхтоков и перенапряжений). Поэтому схемы защиты выполняются в виде электронных схем, воздействующих на схему управления или дополнительные элементы с целью ограничения контролируемых параметров в допустимых пределах. Часто используются комбинированные схемы, сочетающие быстродействующие электронные

защиты и инерционные пассивные датчики. Функциональная схема защиты включает в себя датчики, запоминающие узлы и исполнительные механизмы и может иметь световую или звуковую индикацию.

**1.7 Схема устройства контроля напряжения** предназначена для слежения за уровнем напряжения питающей сети и выдачи сигналов о её состоянии в схему управления с целью своевременного переключения нагрузки на питание от резервного источника питания и обратного переключения при восстановлении сети с целью более рационального использования резервных химических источников тока. Способы реализации устройств контроля за напряжением сети зависят от типа СНЭС и их конкретного использования.

Функциональная схема СНЭС представлена в приложении.

## **2. Описание работы системы непрерывного электроснабжения по структурной схеме**

Работу системы непрерывного электроснабжения можно рассматривать в двух режимах:

1) отклонения напряжения питающей сети не превышают допустимых пределов. Регулирующий орган (инвертор) запитывается от напряжения выпрямленной сети в соответствии с сигналами, поступающими на его управляющие входы от схемы управления через усилитель мощности. Переменное напряжение с выхода инвертора через согласующий трансформатор подаётся на нагрузку и одновременно на измерительный вход блока обратной связи, обеспечивающей значение выходного напряжения с требуемой точностью. Таким образом, компенсация отклонений напряжения питающей сети от номинального значения осуществляется включением отрицательной обратной связи. Источник питания собственных нужд работает от напряжения выпрямленной сети, сглаженной входным фильтром. Разрядное устройство находится в режиме готовности к работе. Зарядное устройство, контролируя состояние аккумуляторной батареи, работает в

режиме заряда, если последняя перед этим была разряжена, либо в режиме подзаряда АБ для компенсации саморазряда аккумуляторов;

2) второй режим работы СНЭС определяется выходом напряжения питающей сети за пределы допустимого диапазона, либо её аварийным состоянием. В этом случае устройство контроля над напряжением сети выдаёт сигнал на включение в работу разрядного устройства. На инвертор подаётся преобразованное повышающим преобразователем (разрядным устройством) напряжение аккумуляторной батареи. Блок питания собственных нужд также переключается на выход РУ. На время переключения питание инвертора обеспечивается энергией, запасённой в конденсаторах входного фильтра. Зарядное устройство при этом находится в состоянии контроля за АБ.

### 3. Расчёт основных блоков системы непрерывного электроснабжения

#### 3.1. Расчёт входного выпрямителя и фильтра

Однофазная питающая сеть переменного тока и бестрансформаторный вход СНЭС предусматривает мостовую схему выпрямителя, приведённую на рисунке 1.

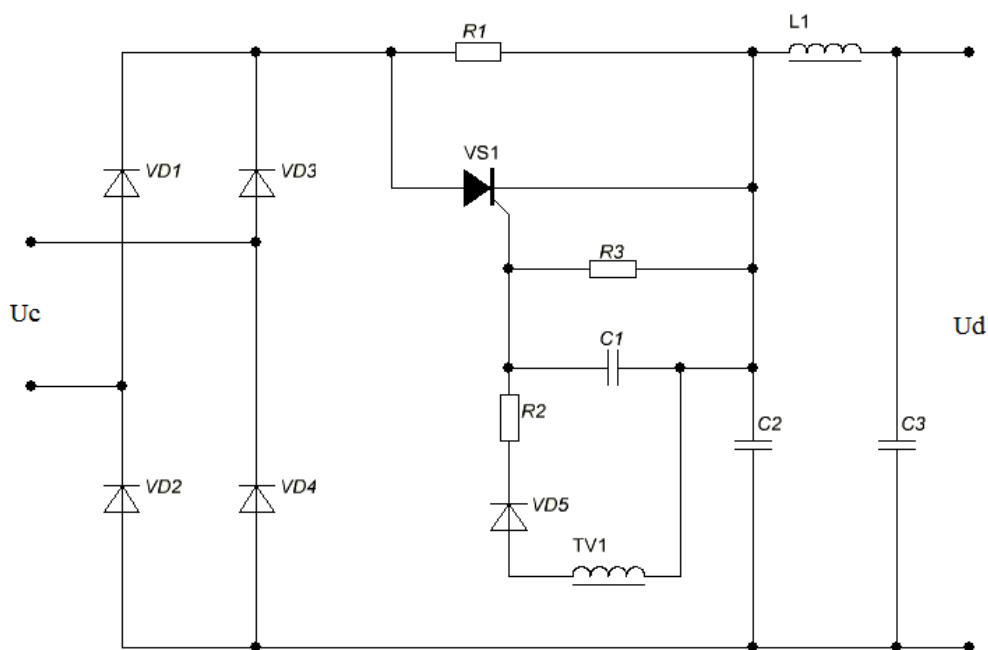


Рисунок 1 - Входной выпрямитель и фильтр

При учёте диапазона изменения напряжения питающей сети (отклонение вниз от номинала на 15%) значение напряжения на выходе входного фильтра не превышает  $U_{d_{\min}} = \sqrt{2}U_{c_{\min}} = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot 0.85 = 264 \text{ В}$  даже на холостом ходу (конденсатор входного фильтра заряжен до напряжения, равного амплитуде напряжения питающей сети). В рабочем режиме будет ещё ниже на величину падения напряжения на диодах выпрямителя, фильтре и индуктивных потерь напряжения, обусловленных коммутацией диодов выпрямителя.

Принимается  $U_{d_{\min}} = 240 \text{ В}$ .

Наибольшее значение напряжения на выходе фильтра (холостой ход – конденсатор фильтра заряжен до амплитуды входного напряжения) определяется из выражения:

$$U_{d_{\max}} = \sqrt{2}U_{c_{\max}} = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot 1.1 = 342 \text{ В}$$

Мощность, потребляемая инвертором:

$$P_H = \frac{U_H \cdot I_H}{\eta_n \cdot \eta_{\phi 2} \cdot \eta_{mp}} = \frac{220 \cdot 2}{0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.96} = 487 \text{ ВА},$$

где  $U_H$  - напряжение на нагрузке;

$I_H$  - ток нагрузки;

$\eta_{mp}$  - КПД трансформатора (0,9-0,99). Для трансформатора средней мощности принимается  $\eta_{mp} = 0,96$ ;

$\eta_{\phi 2}$  - КПД фильтра на выходе инвертора (падение напряжения на активном сопротивлении LC фильтра (2-3%) от  $U_H$ ), принимается  $\eta_{\phi 2} = 0,98$ ;

$\eta_n$  - КПД инвертора (практический опыт и анализ технической литературы показывают, что КПД колеблется в пределах 0,95-0,98 для высоковольтных инверторов). Принимается  $\eta_n = 0,96$ .

Наибольшее среднее значение тока, потребляемого инвертором:

$$I_H = \frac{P_H}{U_{d_{\min}}} = \frac{487.17}{240} = 2.03 \text{ А}$$

Значение тока, протекающего через диоды входного выпрямителя:

$$f_{\max} = 209 \text{ кГц} \cdot 10 \text{ А} = \frac{I_H}{2} = \frac{2.03}{2} = 1.02 \text{ А}$$

Максимальное обратное напряжение, прикладываемое к диоду выпрямителя:

$$U_{\text{обр}_{\max}} = U_c \cdot 1.1 \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot 1.1 \cdot \sqrt{2} = 342 \text{ В}$$

Выбираются диоды выпрямителя 2Д245А с параметрами:

$$U_{\text{обр}_{\max}} = 400 \text{ В} ; I_{VD} = 10 \text{ А} ; I_{VD \text{ нмп}} = 100 \text{ А} ; f_{\max} = 209 \text{ кГц} .$$

Т.к. жёстких требований к качеству напряжения на выходе входного фильтра нет, и величина пульсаций в нём зачастую определяется допустимой амплитудой переменной составляющей конденсатора, задаётся значение  $K_{\pi} = 0.05$ , удовлетворяющее большинству используемых конденсаторов.

Учитывая, что коэффициент пульсаций на выходе однофазного мостового выпрямителя  $K_{\pi} = 0.67$ , определяется коэффициент сглаживания фильтра:

$$K_{\text{сгл}} = \frac{K_{\pi}}{K_{\pi}^{\wedge}} = \frac{0.67}{0.05} = 13.4$$

Ёмкость конденсатора фильтра в реальных схемах может быть так велика, что приходится применять батарею из нескольких десятков конденсаторов. При этом необходимо решить, куда выгоднее включать конденсаторы: либо все на выход LC фильтра, и тогда выпрямитель будет работать на нагрузку, начинающуюся с индуктивности, либо распределить конденсаторы, включив часть их на выход выпрямителя и часть на выход фильтра. В этом случае выпрямитель будет работать на нагрузку, начинающуюся с ёмкости. Диоды выпрямителя в этом случае в момент включения, пока не зарядился конденсатор на выходе выпрямителя, работают в тяжёлом режиме, близком к режиму короткого замыкания.

Чтобы обеспечить коэффициент сглаживания  $K_{\text{сгл}} = 13.4$ , достаточно однофазного LC – фильтра. В этом примере представлен вариант 2х-звенного фильтра, начинающегося с конденсатора с сопротивлением, ограничивающим ток заряда конденсатора С2 в пусковом режиме. Для повышения КПД в установившемся режиме работы резистор R1 шунтирован тиристором.

Величина ёмкости С2 рассчитывается по следующему выражению:



$$C2 = \frac{K_{c2л}(R_H + R1)}{m \cdot w_c \cdot R_H \cdot R1} = \frac{K_{c2л}(\frac{1.1U_{d_{\min}}}{0.85I_H} + R1)}{m \cdot w_c \cdot \frac{1.1U_{d_{\min}}}{0.85I_H} \cdot R1};$$

$$C2 = \frac{6.7(\frac{1.1 \cdot 240}{0.85 \cdot 3.04} + 24)}{2 \cdot 314 \cdot \frac{1.1 \cdot 240}{0.85 \cdot 3.04} \cdot 24} = 550 \text{ мкФ}$$

где  $K_{c2л} = \frac{0.67}{0.1} = 67$  - коэффициент сглаживания первого звена двухзвенного фильтра;

$R_H$  - сопротивление нагрузки, приведённое к выходу выпрямителя;

$m = 2$  - число пульсаций на выходе выпрямителя;

$w_c = 2\pi f = 314$  - угловая частота;

$$R1 = \frac{U_{d_{\max}} - U_{AB}}{I_{VD\text{дон}}} = \frac{1.1 \cdot \sqrt{2} \cdot U_c - U_{AB}}{I_{VD\text{дон}}} = \frac{1.1 \cdot 1.41 \cdot 220 - 108}{10} = 24 \text{ Ом} - \text{токоограничивающее}$$

сопротивление;

$U_{AB} = 108 \text{ В}$  - минимальное напряжение на конденсаторе C2, определяемое напряжением аккумуляторной батареи;

$I_{VD\text{дон}} = 10 \text{ А}$  - максимально допустимый ток диодов выпрямителя.

Для фильтра C2 выбирается конденсатор К50-29 [20] с параметрами:  $C_H = 22 \text{ мкФ}$ ;  $U_H = 350 \text{ В}$ . Устанавливаются 25 конденсаторов, соединённых параллельно.

Коэффициент сглаживания второго звена входного фильтра:

$$K_{cm} = \frac{K_{\pi}}{K_{\pi}} = \frac{0.1}{0.05} = 2$$

Как правило, LC - фильтры используются при  $K_{cm} > 5$ . В этом случае получается выпрямленное напряжение  $U_d$  с коэффициентом пульсаций 0,02.

$$L \cdot C3 = \frac{K_{c2л} + 1}{m^2 \cdot w^2} = \frac{5 + 1}{2^2 \cdot 314^2} = 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ Гн} \cdot \Phi$$

Индуктивность выбирается из условия непрерывности тока в дросселе:

$$L \geq \frac{2U_{d_{\max}}}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot w_c \cdot Id_{\min}} = \frac{2(1.1 \cdot U_{d_{\min}})^2}{0.85^2 \cdot (m^2 - 1) \cdot m \cdot w_c \cdot P_H};$$

$$L = \frac{2 \cdot 1.1^2 \cdot 240^2}{0.85^2 \cdot (2^2 - 1) \cdot 2 \cdot 314 \cdot 487} = 0.21 \text{ Гн}$$

Выбирается дроссель Д46-0,6-0,8 [14] (четыре дросселя, соединённых параллельно).

$$C3 = \frac{L \cdot C}{L} = \frac{1.5 \cdot 10^{-5}}{0.21} = 71 \text{ мкФ}$$

Устанавливается конденсатор К50-7 [20] на 100 мкФ – 350В.

Для исключения резонансных явлений должно быть соблюдено условие:

$$L \cdot C \geq \frac{4}{m^2 \cdot \omega_c^2}$$

$$21 \cdot 10^{-6} \geq \frac{4}{2^2 \cdot 314^2} = 21 \cdot 10^{-6} \geq 10^{-6}$$

Условие выполняется.

### 3.2 Выбор и расчёт схемы силового инвертора

Центральным узлом, определяющим выбор схемных решений других блоков силовой цепи СНЭС является регулируемый инвертор. В качестве ключей в автономных инверторах служат транзисторы или одно- или двухоперационные тиристоры. При использовании однооперационных тиристоров схемы дополняются элементами, обеспечивающими искусственную коммутацию тиристоров. Один из главных элементов узла искусственной коммутации – конденсатор. Кроме задачи запираания тиристоров, конденсаторы могут формировать кривую выходного напряжения инвертора. В связи с этим, различают три группы инверторов: инвертор напряжения, инвертор тока, резонансный инвертор.

Основные отличия автономных инверторов

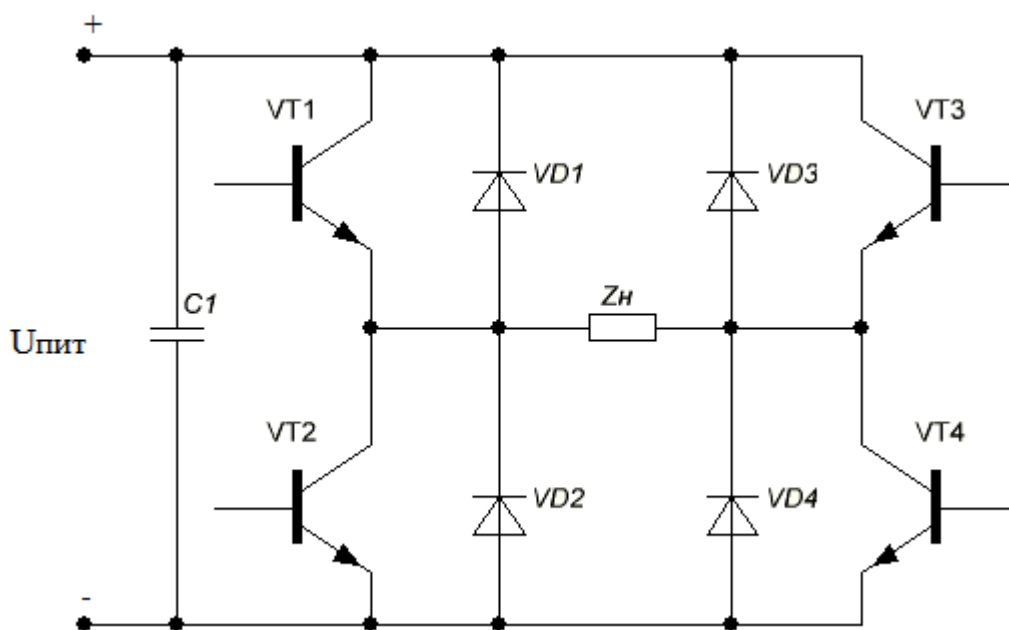


Рисунок 2 - Инвертор напряжения

- 1 Для инвертора напряжения (рисунок 2) в качестве источника питания необходим источник напряжения (аккумуляторная батарея, либо выпрямитель с конденсаторным выходом для шунтирования источника питания по переменному току). Параллельно ключам устанавливаются обратные диоды для возврата реактивной энергии нагрузки в источник питания. Форма выходного напряжения – прямоугольная.
- 2 В автономном инверторе (рисунок 3) источник питания работает в режиме источника тока. Это достигается включением в цепь источника питания последовательно большой индуктивности, а конденсатор подключают параллельно нагрузке. Кривая выходного напряжения состоит из участков экспонент заряда и разряда конденсатора и имеет форму, более близкую к синусоиде. В транзисторных вариантах инверторов тока, для защиты транзисторов от обратного напряжения, последовательно с последними включают диоды.

При использовании двухоперационных тиристоров или транзисторов в качестве ключей инвертора, отсутствует необходимость в установке узлов принудительной коммутации.

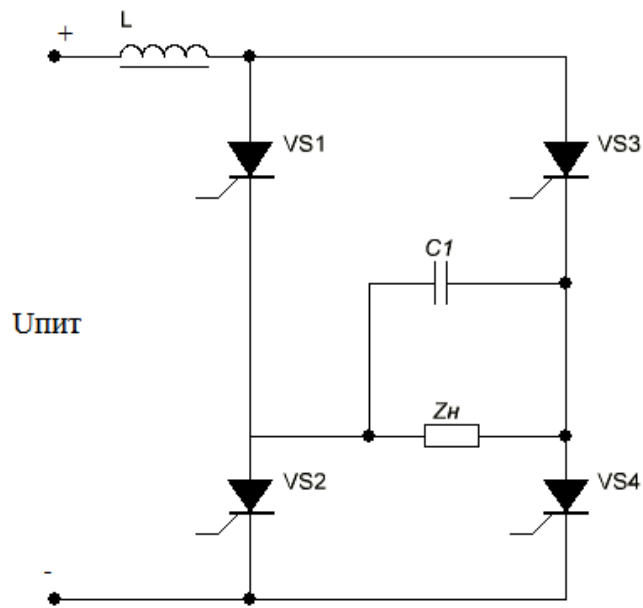


Рисунок 3 - Инвертор тока

- 3 В автономный резонансный инвертор (рисунок 4) конденсатор можно включать последовательно с нагрузкой, либо параллельно ей. Характер процесса в силовых цепях обуславливается колебательным процессом перезаряда конденсатора в цепи с источником питания и индуктивностью, специально введённой или имеющейся в цепи нагрузки, в связи с чем ток в последней приближается по форме к синусоиде.

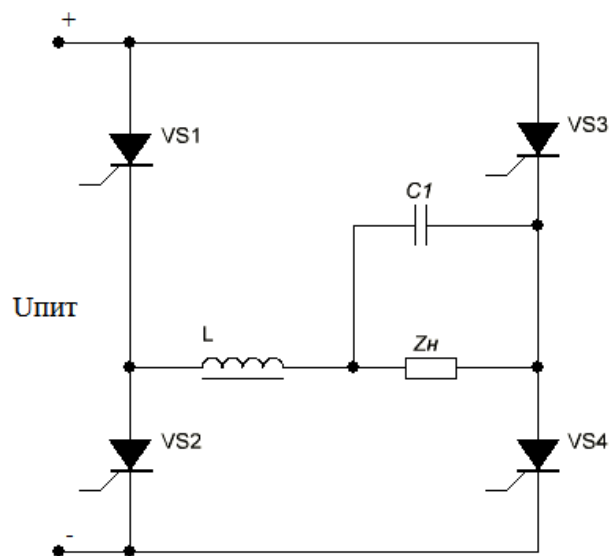


Рисунок 4 - Автономный резонансный инвертор

Область применения преобразователей, выполненных на однооперационных тиристорах, ограничивается диапазоном частот, не превышающим сотен герц. Запираемые тиристоры расширяют его до единиц килогерц. Использование в качестве ключей современных транзисторов поднимает рабочую частоту инверторов до сотен килогерц. Частотные свойства транзисторов с повышенными предельными токами и напряжениями до сотен ампер и вольт соответственно расширяют их использование в областях, где традиционно используются тиристоры, повышая при этом технико-экономические показатели преобразователей.

Синусоидальная форма выходного напряжения в инверторе тока и резонансном инверторе даёт некоторое преимущество им перед инверторами напряжения. Однако, целый ряд существенных недостатков сводит это преимущество к минимуму. К основным недостаткам первых двух относится чувствительность к типу и уровню нагрузки. Инвертор тока не может работать на холостом ходу. Оба требуют установки элементов с повышенной установленной мощностью, имеют повышенные статические потери, используют частотное управление, что увеличивает габаритную мощность электромагнитных элементов. Существенным недостатком является сложность в анализе при проектировании.

Из известных конфигураций автономных инверторов напряжения рассмотрена мостовая схема, реализующая однополярную широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) по синусоидальному закону, которая имеет лучший спектральный состав, чем двуполярная с многократной модуляцией на полупериоде частоты выходного напряжения. При реализации однополярной ШИМ другими схемами инверторов (нулевая, полумостовая, инвертор с накопительным конденсатором) в них необходимо добавлять ключи для закорачивания нагрузки при включении основных ключей для создания нулевых пуз в выходном напряжении в процессе регулирования последнего. В системе управления ключами инвертора используется эталонное синусоидальное (или аппроксимирующее синусоиду ступенчатое)

напряжение. Это напряжение сравнивается с опорным пилообразным и в моменты их равенства формируется сигнал на переключение ключей. Благодаря этому, длительность импульса выходного напряжения пропорциональна амплитуде эталонного напряжения на этом интервале.

К наиболее важным моментам расчёта относится расчёт параметров и выбор силового транзистора. Необходимыми параметрами для выбора транзистора является коллекторный ток в открытом состоянии и напряжение, прикладываемое к транзистору в закрытом состоянии.

В схеме инвертора, приведённой в приложении 1, напряжение, прикладываемое к закрытому транзистору, определяется напряжением источника питания. Источником питания может быть сеть переменного тока с выпрямленным напряжением  $U_{d_{\max}} = 342 \text{ В}$  или разрядное устройство (РУ), выполненное на базе непосредственного преобразователя напряжения повышающего типа с питанием от аккумуляторной батареи с максимальным напряжением  $U_{AB} = 130 \text{ В}$  (выбор АБ и РУ ниже). Максимальное напряжение на выходе РУ равно 300 В.

Следовательно  $U_{кэ\max} = 342 \text{ В}$ . Максимальный ток в коллекторной цепи транзистора:

$$I_{K\max} = \frac{\sqrt{2}I_n \cdot \sqrt{2}U_n}{0.95U_{d_{\min}}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 220}{0.95 \cdot 240} = 3.9 \text{ А}$$

Током намагничивания трансформатора можно пренебречь, т.к. он составляет единицы процентов от тока нагрузки, приведённого к первичной обмотке. С учётом коэффициента загрузки, не превышающего 70% по каждому параметру, выбирается транзистор 2Т847Б [26] с параметрами:  $U_{кэ} = 650 \text{ В}$ ;  $I_K = 15 \text{ А}$ ;  $\beta_{\min} = 8$ ;  $U_{бэ} = 1.5 \text{ В}$ ;  $\Delta U_{кэ} = 1.5 \text{ В}$ ;  $t_{\text{выкл}} = 1.5 \text{ мкс}$ ;  $I_{KO} = 1.5 \text{ мА}$ .

Обратные диоды обеспечивают возврат реактивной энергии в конденсатор входного фильтра и формирование нулевых пауз в выходном напряжении инвертора (приложение 1 – силовой инвертор). Максимальное напряжение, прикладываемое к ним, определяется напряжением источника питания

$U_{VDo6p\max} = 342 \text{ В}$ , а максимальное значение тока, протекающего по ним, не превышает коллекторного тока транзистора.

Выбирается диод 2Д2990А [27] с характеристиками:  $U_{обp} = 600 \text{ В}$ ;  $I_H = 20 \text{ А}$ ;  $f_{\max} = 200 \text{ кГц}$ ;  $t_{BOCCT} = 0.15 \text{ мкс}$ .

При работе транзистора на индуктивную нагрузку без RCD-цепей при включении и при выключении возникают ситуации, когда при напряжении на коллекторе транзистора, равном напряжению источника питания, по нему протекает максимальный ток.

Мощность динамических потерь в транзисторе достигает значительных величин и при линейной аппроксимации определяется выражением:

$$P_{дин} = 0.5 U d_{\min} I_H \frac{t_{BЫKЛ}}{T_M} + 0.5 U d_{\min} I \frac{t_{BKЛ}}{T_M};$$

$$P_{дин} = 0.5 \cdot 240 \cdot 2.03 \frac{10^{-6}}{10^{-4}} + 0.5 \cdot 240 \cdot 2.03 \frac{1.5 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}} = 6.1 \text{ ВА},$$

где  $T_M = 100 \cdot 10^{-6} \text{ с}$  - период частоты преобразования.

Формирование траектории переключения транзистора позволяет значительно уменьшить коммутационные потери мощности и повысить надёжность работы силового инвертора.

Уменьшение динамических потерь в транзисторе при включении достигается путём последовательного включения в коллекторную цепь индуктивности, шунтированной обратным диодом с последовательно включенным мощным стабилитроном, ускоряющим процесс вывода энергии из индуктивности.

Минимум потерь при включении достигается при:

$$L_{\phi} = \frac{2}{9} \frac{U d_{\max}}{I_{K\max}} t_{выкл} = \frac{2}{9} \cdot \frac{342}{3.9} \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 28 \text{ мкГн}$$

Выбирается дроссель Д17-1 [14] с параметрами:  $L = 0.02 \text{ мГн}$ ;  $I_{\Pi} = 25 \text{ А}$ ;  $f_{ГP} = 100 \text{ кГц}$ ;  $R = 0.015 \text{ Ом}$ .

Выбирается диод 2Д245А [27] с параметрами:  $U_{обр} = 400 \text{ В}$ ;  $I_H = 10 \text{ А}$ ;  $f_{ГР} = 200 \text{ кГц}$ .

Выбирается стабилитрон Д815А [28] с параметрами:  $U_{СТ} = 5.6 \text{ В}$ ;  $I_{СТ\max} = 1.4 \text{ А}$ ;  $P = 5 \text{ Вт}$ .

Расчётная мощность стабилитрона определяется энергией, накопленной во вспомогательной индуктивности:

$$P_{СТ} = \frac{LI_{Кэф}^2}{2} f = \frac{28 \cdot 10^{-6} \cdot 2.8^2}{2} \cdot 10 \cdot 10^3 = 1.1 \text{ Вт}$$

Для уменьшения динамических потерь в транзисторе при его выключении и защиты его от перенапряжений используют RCD-цепь. Суммарные потери в транзисторе и RCD-цепи зависят от величины ёмкости конденсатора. При отношении времени заряда конденсатора до напряжения источника питания ко времени выключения транзистора, равному  $2/3$ , наблюдается минимум динамических потерь, и величина ёмкости конденсатора определяется из отношения:

$$C = \frac{2I_{К\max} t_{выкл}}{9Ud_{\max}} = \frac{2 \cdot 3.9 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 342} = 3.8 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Выбирается конденсатор К73-17 [25] с ёмкостью  $C = 4.7 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$  и  $U_H = 250 \text{ В}$ .

Диод, включенный последовательно с конденсатором, выбирается из условий максимального импульсного зарядного тока конденсатора, который равен коллекторному току транзистора, и обратного напряжения, прикладываемого к диоду, равного напряжению источника питания.

Выбирается диод 2Д230Б с характеристиками:  $U_{обр\max} = 600 \text{ В}$ ;  $I_{ИМП} = 60 \text{ А}$ ;  $t_{ВОССТ} = 0.5 \text{ мкс}$ .

Сопротивление зарядного резистора выбирается из условия ограничения тока заряда конденсатора RCD-цепи на уровне максимально допустимого импульсного коллекторного тока транзистора при коммутации ключей высокочастотной стойки инвертора в режиме холостого хода при максимальном напряжении питающей сети:



$$R1 = \frac{1.1U_{d\min}}{0.85I_{\text{КИМП}}} = 12 \text{ Ом}$$

Расчётная мощность зарядного резистора:

$$P1 = \frac{I^2 R t_{\text{выкл}}}{T_M} = \frac{2.03^2 \cdot 12 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-6}} = 0.7 \text{ Вт}$$

Выбирается резистор ОМЛТ-2-12 [29] Ом.

Разряд конденсатора RCD-цепи осуществляется при открытом транзисторе, относительная длительность включенного состояния которого определяется

как  $\gamma = \frac{t_{\text{ИМП}}}{T_M}$ . При многократной модуляции с широтно-импульсным

регулированием по синусоидальному закону, относительная длительность открытого состояния ключей высокочастотной стойки инвертора изменяется в диапазоне от 0 до 1. При  $\gamma$ , изменяющейся в диапазоне от 0 до 0.5, времени для разряда конденсатора может быть недостаточно, но и ток, протекающий через транзистор, меньше, чем  $0.5I_{\text{И max}}$ , так как  $\cos \varphi$  близок к единице.

Перенапряжение на коллекторе транзистора в этом случае невелико (меньше напряжения питающей сети):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot I_K \cdot t_{\text{ВЫКЛ}}}{9 \cdot C} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 3.9 \cdot 1.5 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 4.7 \cdot 10^{-9}} = 138.3 \text{ В}$$

Конденсатор RCD-цепи дозарядается до напряжения источника питания.

Сопротивление разрядного резистора:

$$R_p = \frac{t_{\text{разр}}}{(3:5)C} = \frac{0.5 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 4.7 \cdot 10^{-9}} = 2.1 \text{ кОм}$$

Расчётная мощность разрядного резистора:

$$P_p = \frac{C \left( \frac{1.1U_{d\min}}{0.85} \right)^2}{2T_M} = \frac{4.7 \cdot 10^{-9} \cdot \left( \frac{1.1 \cdot 240}{0.85} \right)^2}{2 \cdot 10^{-4}} = 2.3 \text{ Вт}$$

Выбирается резистор МЛТ-2-2.4 кОм [29].

Для обеспечения нормального теплового режима работы ключей, необходимо определить мощность потерь в транзисторах. Суммарные потери

складываются из статических и динамических в коллекторно-эмиттерной цепи потерь по цепи управления.

Статические потери складываются из мощностей потерь в открытом и закрытом состоянии транзистора:

$$P_{cm} = \Delta U_{KЭ} \cdot I_{K\gamma} + U_{KЭ} \cdot I_{K0} \cdot (1 - \gamma) = 2.5 \text{ Вт}.$$

Динамические потери в ключах с цепями формирования траектории рабочей точки транзистора:

$$P_d = \frac{U_H \cdot I_K \cdot t_{вкл}}{T_M} \left(1 - \frac{4K}{3} + \frac{K^2}{2}\right);$$

$$P_d = \frac{240 \cdot 3.9 \cdot 10^{-6}}{10^{-4}} \left(1 - \frac{4 \cdot 2}{3 \cdot 3} + \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 3 \cdot 3}\right) = 3.1 \text{ Вт},$$

где  $K = \frac{2}{3}$  - отношение времени заряда конденсатора ко времени выключения транзистора (времени нарастания тока в дросселе ко времени включения транзистора).

Мощность потерь по цепи управления транзистора незначительна и ею можно пренебречь.

Суммарные потери:

$$P_{\Pi} = P_{CT} + P_d = 2.5 + 3.1 = 5.6 \text{ Вт}.$$

Динамические потери в транзисторах низкочастотной стойки инвертора незначительны и близки к нулю. В целях унификации (чтобы не разделять стойки инвертора на низкочастотную и высокочастотную, и с целью взаимозаменяемости) устанавливаются на охладители (радиаторы) все четыре транзистора.

### 3.3. Расчёт выходного фильтра

Определившись с видом модуляции, реализуемой силовым инвертором (однополярная, многократная по синусоидальному закону широтно-импульсного модулирования), рассчитываются параметры выходного фильтра.

Частота ближайшей искажающей гармоники:

$$f_{\min} = (2q - 3)f_{\text{блх}} = (2 \cdot 200 - 3) \cdot 50 = 19850 \text{ Гц},$$

где  $q = \frac{f_M}{f_{\text{блх}}} = \frac{10 \cdot 10^3}{50} = 200$  - кратность квантования при частоте квантования, равной 10 кГц.

Коэффициент гармоник выходного напряжения:

$$K_\Gamma = \frac{20}{w_*^2(2q - 3) - 1},$$

где  $w_* = \frac{w_{\text{БЛХ}}}{w_0}$  - относительная частота;

$$w_{\text{БЛХ}} = 2\pi f;$$

$w_0$  - резонансная (собственная) частота фильтра.

$$w_* = \sqrt{\frac{\frac{20}{K_\Gamma} + 1}{(2q - 3)^2}} = \sqrt{\frac{\frac{20}{5} + 1}{(2 \cdot 200 - 3)^2}} = 5.6 \cdot 10^3 \text{ рад/с}.$$

Отсюда резонансная частота фильтра:

$$w_0 = 56 \cdot 10^3 \text{ рад/с};$$

$$f_0 = \frac{w_0}{2\pi} = \frac{56 \cdot 10^3}{6.28} = 8.9 \text{ Гц};$$

$$w_0 = w_{\text{блх}} \cdot \sqrt{LC},$$

$$L \cdot C = \left(\frac{w_*}{w_{\text{блх}}}\right)^2 = 3.18 \cdot 10^{-10} \text{ Гн} \cdot \Phi$$

отсюда

Емкостное сопротивление конденсатора фильтра на частоте первой гармоники пульсации  $f_{\min} = 19850 \text{ Гц}$  должно быть много больше, чем  $R_{\text{ЭКВ}}$ :

$$\frac{1}{2\pi f_{\min} C} \leq \frac{R_{\text{ЭКВ}}}{5},$$

$$\text{отсюда } C_\phi = \frac{5}{2\pi f_{\min} R_{\text{ЭКВ}}} = \frac{5}{2 \cdot 3.14 \cdot 19850 \cdot 37.5} = 10^{-6} \text{ Ф};$$

$$L_\phi = \frac{3.18 \cdot 10^{-10}}{10^{-6}} = 318 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}.$$

Выбирается конденсатор К78-2-0.15 мкФ – 1000 В (7 штук параллельно) [25] и два, включенных параллельно, дросселя Д17-2 [14] с параметрами:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{300 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}} = 9193 \text{ Гц}.$$

### 3.4. Расчёт силового трансформатора

Для расчёта трансформатора, должны быть определены напряжения и токи обмоток, причём коэффициент трансформации определяется из условия минимального напряжения на первичной обмотке, чтобы обеспечить на нагрузке необходимое (заданное) напряжение.

Минимальное эффективное значение напряжения на первичной обмотке трансформатора:

$$U_1 = \frac{0.95 U d_{\min}}{\sqrt{2}} = \frac{0.95 \cdot 240}{1.41} = 161 \text{ В}.$$

Коэффициент трансформации:

$$K_{mp} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{161}{220} = 0.73,$$

где  $U_2 = U_H$ .

Наибольшее значение тока в первичной обмотке:

$$I_1 = \frac{I_H}{K_{mp}} = \frac{2}{0.73} = 2.7 \text{ А}.$$

Сопротивление нагрузки, приведённое к напряжению первичной обмотки трансформатора, находится из выражения:

$$R_{\text{экв}} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{161}{2.7} = 59.6 \text{ Ом}.$$

По известным токам и напряжениям обмоток и габаритной мощности трансформатора выбирается сердечник и определяются параметры обмоток, при этом число витков первичной обмотки рассчитывается исходя из наибольшего напряжения, прикладываемого к ней, чтобы исключить режим насыщения сердечника трансформатора.

$$S_0 S_c = \frac{10^2 P_r}{2 f_{\text{вых}} \cdot \kappa_c \cdot \kappa_\phi \cdot \sigma \cdot B_M \cdot \delta} = \frac{473 \cdot 10^2}{2 \cdot 50 \cdot 0.9 \cdot 1.11 \cdot 0.25 \cdot 1.7 \cdot 4} = 279 \text{ см}^4,$$

где  $S_0$  - площадь окна сердечника магнитопровода ( $\text{см}^2$ );

$S_c$  - поперечное сечение сердечника ( $\text{см}^2$ );

$$P_r = \frac{(U_{1\text{max}} \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2)}{2} = \frac{(187 \cdot 2.7 + 220 \cdot 2)}{2} = 473 \text{ ВА} - \text{габаритная мощность}$$

двухобмоточного трансформатора;

$\kappa_\phi$  - коэффициент формы напряжения (для синусоидального сигнала – 1.11);

$\kappa_c$  - коэффициент заполнения сердечника сталью (для низкочастотных трансформаторов, выполненных на сердечниках из электротехнических сталей Э310(3411) – Э360(3426) в пределах 0.65-0.93, принимается  $\kappa_c = 0.9$ , сталь Э350(3422) с толщиной ленты 0.15 мм);

$\delta$  - плотность тока в обмотках трансформатора (зависит от материала провода, количества витков в обмотках и т.д.) определяет тепловой режим трансформатора и для низкочастотных многовитковых трансформаторов выбирается в диапазоне от  $3 \text{ А/мм}^2$  до  $5 \text{ А/мм}^2$ , в данном случае принимается  $\delta = 4 \text{ А/мм}^2$ ;

$\sigma$  - коэффициент заполнения окна сердечника медью (для проводов круглого сечения в пределах от 0.2 до 0.35), принимается  $\sigma = 0.25$ ;

$B_M$  - индукция в магнитопроводе (зависит от материала сердечника частоты и режима работы трансформатора, для низкочастотных трансформаторов, выполненных на сердечниках из электротехнических сталей Э310(3411)-Э360(3423), индукция выбирается в пределах 1.6-1.88 Тл, принимается  $B_M = 1.7 \text{ Тл}$ .

Выбирается сердечник ШУ 35x70 [14], имеющий  $S_0 S_c = 331.6 \text{ см}^2$ ,  $K_c S_c = 22.05 \text{ см}^2$ .

Число витков на один вольт ЭДС в обмотках трансформатора:

$$W_0 = \frac{10^4}{4 \kappa_\phi \cdot B_M \cdot f_{\text{вых}} \cdot S_c \cdot \kappa_c} = \frac{10^4}{4 \cdot 1.11 \cdot 1.7 \cdot 50 \cdot 22.05} = 2 \text{ витка / В}.$$

Число витков в первичной обмотке:  $W_1 = U_1 W_0 = 161 \cdot 2 = 322$  витка, во вторичной  $W_2 = 220 \cdot 2 = 440$  витков.

Диаметры проводов обмоток [14]:

$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_1}{\pi \delta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.7}{3.14 \cdot 4}} = 0.9$  мм - выбирается провод ПЭВ-2 с диаметром провода с изоляцией 1 мм.

$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot I_2}{\pi \delta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2}{3.14 \cdot 4}} = 0.6$  мм - выбирается провод ПЭВ-2 диаметром 0.676 мм.

### 3.5. Выбор аккумуляторной батареи

Время автономной работы СНЭС, или время работы в резервном режиме зависит от ёмкости используемых аккумуляторных батарей и коэффициента полезного действия силового канала СНЭС и жёстко регламентируется в каждом конкретном случае. Дело в том, что нельзя полностью использовать ресурс АБ и необходимо восстанавливать заряд батарей. Выбор АБ в каждом конкретном случае обусловлен различными критериями: вес, стоимость, надёжность и т.д. Так, кислотные оловянно-свинцовые аккумуляторы в герметичном исполнении не требуют обслуживания, однако имеют низкую мощность на единицу объёма и большой вес. Этот недостаток преодолён в никель-цинковых аккумуляторах. Но широкого применения они не получили из-за высокой цены. Иногда используют щелочные аккумуляторные батареи, которые стоят недорого, но требуют обслуживания при эксплуатации.

Для обеспечения работоспособности СНЭС в резервном режиме необходимо обеспечить на входе силового инвертора минимальное напряжение источника постоянного напряжения 240 В. Но последовательное соединение большого количества элементов АБ приводит к резкому снижению надёжности СНЭС, и для уменьшения количества элементов АБ используют непосредственные преобразователи постоянного напряжения НПН повышающего типа, обеспечивающие согласование уровней напряжения АБ с минимально необходимым напряжением питания силового инвертора.

### 3.6. Расчёт усилителя мощности

Сопряжение цепей управления ключами силового инвертора основного канала с низковольтным логическим выходом схемы управления требует обеспечения гальванической развязки и согласования управляющих сигналов по мощности. Гальваническая развязка может быть обеспечена как оптоэлектронными приборами, так и использованием трансформаторов. Одно из достоинств оптоэлектронной (ОЭ) развязки – технологичность, но при этом имеется ряд недостатков: низкий КПД передачи сигнала и необходимость в дополнительных, гальванически развязанных источниках питания. Эта задача проще решается с использованием трансформаторов. Основной недостаток решения – наличие намоточных изделий. Кроме того, для формирования низкочастотной огибающей выходного напряжения трансформаторов усилителя мощности должен быть спроектирован на низкую частоту, а работать на частоте преобразования, т.е. на повышенной частоте, что приводит к затруднениям в формировании фронтов управляющих импульсов. Целесообразно для управления биполярными транзисторами ключей силового инвертора использовать схему усилителя мощности с оптоэлектронной развязкой представленную в приложении.

Такой усилитель обеспечивает активное запирающее напряжение транзистора по управляющему входу и позволяет задавать необходимую степень насыщения транзистора, обеспечивая при этом хорошие динамические характеристики ключа. Работа силового транзистора в ключевом режиме предполагает два состояния.

Первое – транзистор выключен, при этом к его базо-эмиттерному переходу приложено запирающее напряжение отрицательного источника ( $-U_{п1}$ ) за вычетом прямого падения напряжения  $\Delta U_{ЭК}$  открытого транзистора VT3, и это напряжение не должно превышать уровень, предельно допустимый для эмиттер-базового перехода силового транзистора, т.е. должно соблюдаться условие:

$$U_{п2} - \Delta U_{ЭК VT3} \leq U_{ЭБ доп} = 5 \text{ В}.$$

Выбирается напряжение источников питания  $U_{п1}=U_{п2}=5 \text{ В}$ .

Импульсный ток, протекающий по коллекторной цепи транзистора VT3, определяется максимально необходимым базовым током силового транзистора:

$$I_{K\ VT3\max} = I_{BCT} \frac{K_{нас}}{\beta_{\min}} = 3.9 \cdot \frac{1.1}{8} = 0.5\text{ А},$$

где  $K_{нас} = 1.1$  - степень насыщения транзистора, работающего в ключевом режиме (задаётся самостоятельно).

В качестве VT3 выбирается транзистор 2Т830А [26] с параметрами:  $U_{КЭ} = 30\text{ В}$ ;  $U_{БЭ} = 5\text{ В}$ ;  $I_K = 2\text{ А}$ ;  $\beta_{\min} = 25$ ;  $\Delta U_{КЭнас} < 0.6\text{ В}$ ;  $\Delta U_{БЭнас} < 1.3\text{ В}$ .

Сопротивление резистора R6:

$$R6 = \frac{(U_{П2} - \Delta U_{ЭК\ VT3})}{I_{K\ VT3\max}} = \frac{(5 - 0.6)}{0.5} = 8.8\text{ Ом}.$$

Выбирается резистор МЛТ-2-10 Ом  $\pm 10\%$  [29].

Т.к. силовой транзистор выключен, то напряжение на его коллекторе велико, значит выключен и диод VD1, и к нему приложено напряжение, определяемое максимальным коллекторным напряжением силового транзистора 342 В.

Выбирается диод 2Д204А [27] с параметрами:

$$I_{ПП\max} = 0.4\text{ А}; U_{обр\max} = 400\text{ В}; U_{ПП} = 1.4\text{ В}; f = 50\text{ кГц}.$$

Второе состояние – силовой транзистор открыт. Базовый ток протекает по цепи: плюс источника Уп1, R5, коллектор-эмиттер VT2, база-эмиттер силового транзистора, общая точка (земля) источников питания данного усилителя мощности. Допустимый коллекторный ток транзистора VT2 должен быть больше 0.5 А. Максимальное допустимое напряжение  $U_{КЭ\ VT2}$  должно быть не меньше напряжения  $U_{П1} = 5\text{ В}$ .

Выбирается транзистор 2Т630А [26] с параметрами:

$$U_{КЭ} = 120\text{ В}; U_{БЭ} = 7\text{ В}; I_K = 1\text{ А}; \beta_{\min} = 40; \Delta U_{КЭнас} = 0.3\text{ В}; \Delta U_{БЭнас} = 1.1\text{ В}.$$

Сопротивление резистора R5:

$$R5 = \frac{(U_{П1} - \Delta U_{КЭ\ VT2} - \Delta U_{БЭ\ сил.тр.})}{I_{Б\ сил.тр.}} = \frac{(5 - 0.3 - 1.5)}{0.5} = 6.4\text{ Ом}.$$

Мощность, рассеиваемая резистором R5:



$$P_{R4} = I_{B_{\text{свл.мр.}}}^2 \cdot \gamma \cdot R5 = 0.5^2 \cdot 0.5 \cdot 6.4 = 0.8 \text{ Вт},$$

где  $\gamma = 0.5$  - относительная длительность управляющего импульса по низкой частоте.

Выбирается резистор МЛТ-1-6.8 Ом  $\pm 10\%$  [29].

Сопротивление резистора R7 рекомендуется выбирать для мощных биполярных транзисторов 10 Ом.

Выбирается резистор С2-13-0.5-10 Ом  $\pm 10\%$  [29]. Коллекторный ток транзистора VT1 равен базовому току транзистора VT2:

$$I_{K_{VT1}} = I_{B_{VT2}} = I_{K_{VT2}} \frac{K_{\text{нас}}}{\beta_{\text{min}}} = 0.5 \cdot \frac{1.1}{40} = 0.014 \text{ А}$$

Сопротивление R4:

$$R4 = \frac{U_{\Pi2} - \Delta U_{\text{БэнасVT3}}}{I_{K_{VT3}} \cdot K_{\text{нас}}} \beta_{\text{minVT3}} = \frac{(5 - 1.3) \cdot 25}{0.5 \cdot 1.1} = 168 \text{ Ом}$$

Выбирается резистор С2-13-180 Ом  $\pm 10\%$  [29].

Для обеспечения гальванической развязки цепи управления с силовой цепью инвертора, используется оптоспар диод-диод ЗОД-121 [27] с параметрами:

$$U_{BX} = 1.7 \text{ В}; K_{\text{пер}} = 1.0 \%; U_{BX \text{ обр}} = 5 \text{ В}; U_{BbIX \text{ обр}} = 20 \text{ В}; I_{BX} = 10 \text{ мА}; U_{\text{изол}} = 500 \text{ В}.$$

Для согласования выходного тока оптоспары с базовым током транзистора VT2 необходим усилительный каскад с коэффициентами усиления:

$$\beta_{\text{min}} \geq I_{K_{VT2}} \frac{K_{\text{нас}}}{I_{BX} K_{\text{пер}}} = 0.014 \cdot \frac{1.1}{10^{-2} \cdot 10^{-2}} = 154,$$

для этого выбирается транзистор КТ973Б [26] с параметрами:

$$U_{KЭ} = 45 \text{ В}; U_{БЭ} = 5 \text{ В}; I_K = 4 \text{ А}; \beta_{\text{min}} = 750; \Delta U_{KЭнас} = 1.5 \text{ В}; \Delta U_{БЭнас} = 2.5 \text{ В}.$$

Сопротивление R3:

$$R3 = \frac{U_{\Pi1} - \Delta U_{KЭнасVT1} - \Delta U_{БЭнасVT2} - \Delta U_{БЭ \text{ свл.мр.}}}{I_{K_{VT1}}} = \frac{5 - 1.5 - 1.1 - 1.5}{0.014} = 64 \text{ Ом}$$

Выбирается резистор С2-13-77.7 Ом  $\pm 10\%$  [29].

Резистор R2 выбирается равным 1 кОм по техническим условиям для транзистора КТ973Б. Для ускорения переходных процессов, возникающих при

переключении силового транзистора, используется форсирующая ёмкость, шунтирующая резистор R3. Ёмкость обычно составляет сотни или тысячи пикофард.

Выбирается в качестве C1 конденсатор КМ-5-НЗО-1500 пФ [25].

Для усилителей мощности четырёх силовых ключей необходимо иметь четыре источника +5 В по 0.5 А каждый и четыре источника -5 В по 0.25 А каждый.

### 3.7. Схема управления системы непрерывного электроснабжения

Функциональная схема управления силовым инвертором представлена на рисунке 5.

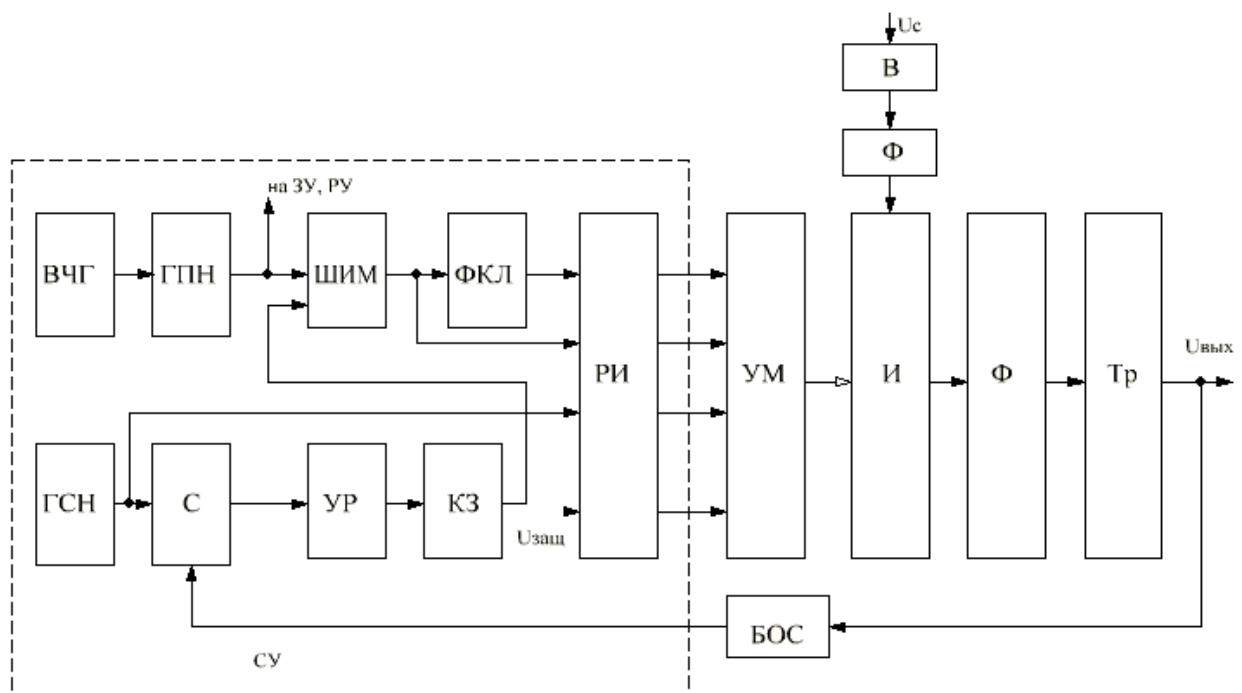


Рисунок 5 - Функциональная схема управления силовым инвертором

ВЧГ - высокочастотный генератор, определяющий частоту преобразования  $f_{пр}=10$  кГц;

ГПН – генератор пилообразного напряжения частоты преобразования;

ШИМ – широтно-импульсный модулятор;

ФКП – формирователь коммутационных пауз в сигналах управления ключами силового инвертора, обеспечивающий задержку включения очередного транзистора;

РИ – распределитель импульсов управления ключами высокочастотной и низкочастотной стоек силового инвертора;

ГСН – генератор синусоидального напряжения выходной частоты инвертора;

УР – усилитель рассогласования сигнала ошибки, обеспечивающий заданную статическую точность поддержания выходного напряжения;

КЗ – корректирующее звено, обеспечивающее устойчивость САР.

Последовательность прямоугольных импульсов частоты 10 кГц с выхода задающего генератора поступает на вход генератора пилообразного напряжения, на выходе которого формируется линейно-нарастающее напряжение, поступающее на один из входов широтно-импульсного модулятора, на второй вход которого приходит напряжение сигнала ошибки, согласованное с уровнем пилообразного напряжения. Сигнал ошибки формируется на выходе вычитателя, на прямой вход которого подаётся опорное синусоидальное напряжение частоты 50 Гц. А на инвертирующий вход поступает согласованное по уровню напряжение обратной связи с выхода силового инвертора. На выходе широтно-импульсного модулятора формируется импульсная последовательность с изменяемой по синусоидальному закону длительностью импульсов, поступающая на вход формирователя коммутационных пауз и один из входов распределителя импульсов. С выхода формирователя коммутационных пауз импульсы, обеспечивающие задержку включения очередных (открывающих) ключей инвертора на время по полностью не закроются выключаются ключи, поступают на второй вход распределителя импульсов. На третий вход распределителя импульсов поступает низкочастотный сигнал с выхода генератора синусоидального напряжения для формирования сигналов управления ключами низкочастотной стойки силового инвертора. На четвёртый вход распределителя импульсов подаётся сигнал с выхода блока защиты, снимающий управление со всех ключей инвертора в случае нештатной (аварийной) ситуации.

Принципиально схема управления ключами силового инвертора может быть реализована:

- в аналоговом виде с использованием дискретных полупроводниковых элементов;
- в цифровом виде;
- комбинированный – с использованием аналоговых и цифровых микросхем;
- на базе микропроцессоров.

### **3.8. Блок обратной связи**

Функция блока обратной связи при выбранной схеме управления – преобразование выходного переменного напряжения частоты 50 Гц в постоянное, согласованное со схемой управления по уровню напряжения. Для этого необходимо выходное напряжение инвертора понизить до приемлемого уровня (с помощью дополнительной обмотки на силовом трансформаторе), выпрямить это напряжение и выделить его среднее значение.

Ток, потребляемый схемой обратной связи от источника питания собственных нужд по цепям 15 В, не превышает 100 мА.

### **3.9. Блок защиты**

Защиту основных узлов СНЭС от перегрузки по току нагрузки на уровне  $1.2I_n$  выполняет схема защиты снятием управления с ключей силового инвертора. Для этого в выходную цепь силового канала установлен датчик тока нагрузки, который может быть выполнен на основе токовых шунтов, трансформаторов тока или других элементов. В данном случае используется трансформатор тока, т.к. он обеспечивает гальваническую развязку силовой цепи переменного тока высокого напряжения и низковольтной цепи управления.

Ток, потребляемый схемой защиты от источника питания собственных нужд по цепям +5 В и +15 В не превышает 10 мА.

### **3.10. Устройство контроля напряжения питающей сети**

Устройство контроля напряжения сети переменного тока, осуществляет измерение среднего значения напряжения за полупериод частоты

контролируемого входного напряжения и при выходе его за пределы допустимого диапазона выдаёт сигнал на включение в работу повышающего преобразователя (разрядного устройства), питающегося от аккумуляторной батареи.

Ток, потребляемый схемой контроля от источника питания собственных нужд по цепи +15 В и -15 В не превышает 100 мА, а по цепи +5 В не более 10 мА.

### **3.11. Блок питания собственных нужд**

Нагрузкой для блока питания собственных нужд являются узлы и каскады схемы управления силовым инвертором, усилителей мощности, блока обратной связи, защиты, устройства контроля за напряжением сети переменного тока, зарядного и разрядного устройств. Напряжение питания – выпрямленное напряжение сети переменного тока. В аварийном режиме – выходное напряжение повышающего преобразователя (РУ), питающегося от резервного источника (АБ). Анализ принципиальных схем всех блоков СНЭС позволяет определить количество выходных каналов, уровни напряжения в них и величины потребляемых каждым каналом токов.

Учитывая, что выпрямленное напряжение питающей сети переменного тока может изменяться в пределах от 240 до 342 В, а выходное напряжение повышающего преобразователя не выходит за рамки этих пределов, а также потребляемую мощность всех каналов, не превышающую 50 Вт, целесообразно реализовать блок питания на базе однотактного преобразователя напряжения.

**Вывод по разделу.** В данном разделе было спроектировано устройство СНЭС с постоянно работающим инвертором в нормальном режиме от выпрямленного тока, а в аварийном – от аккумуляторной батареи. Были выбраны элементы системы непрерывного электроснабжения и рассчитаны их параметры. Элементы выбирались из условия их отношения к классу электрических аппаратов. К рассчитанным элементам относятся входной выпрямитель и фильтр, силовой инвертор, выходной фильтр, усилитель мощности, блок защиты и устройство контроля напряжения питающей сети.

## **4. Технология производства электрических и электронных аппаратов**

### **4.1 Технологический процесс сборки платы управления (выпрямления) системы непрерывного электроснабжения**

В данном разделе будет рассмотрена разработка технологического процесса сборки платы управления системы непрерывного электроснабжения.

Будет рассмотрена оценка технологичности конструкции, что позволит выявить положительные качества производства продукции. Будет представлена схема сборки, для понимания пошаговых действий сборки платы управления системы непрерывного электроснабжения, а также маршрутная карта, чтобы рабочие понимали какие операции и каким образом им следует выполнять. В данном разделе сборочное оборудование и оснастка выбраны по современным стандартам производства сборки плат. Это связано с тем, что предприятию в первую очередь необходима безопасность и надёжность производства. Также данный раздел включает расчёт количества технологического оборудования для обеспечения заданной программы и определение необходимого количества оборудования.

### **4.2 Анализ конструкции платы управления на технологичность**

За отсутствием возможности произвести количественный анализ, т.к. нет данных по изделию аналогу, проведём качественный метод оценки технологичности конструкции.

Производимая плата будет обладать следующими технологическими особенностями:

- Конструкция детали допускает обработку отверстий одновременно на многошпиндельных станках с учётом расстояний между осями этих отверстий.
- Конструкция детали обеспечивает свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям.

- В конструкции детали отсутствуют обрабатываемые поверхности, расположенные под тупыми или острыми углами.
- В конструкции детали нет отверстий, расположенных не под прямым углом к плоскости входа и выхода.
- Деталь имеет достаточную жёсткость и прочность, при которых исключается возможность вибрации в процессе обработки или недопустимого деформирования от силы закрепления.
- Деталь имеет удобные технологические базы, обеспечивающие требуемую ориентацию и надёжное закрепление детали на станке при возможности обработки её с нескольких сторон и свободного подвода инструмента к обрабатываемой поверхности.
- В конструкции детали нет внутренних резьб большого диаметра.
- Элементы конструкции детали выбраны правильно, что позволяет выбрать наиболее простой способ изготовления заготовки.
- Крепёжные отверстия в конструкции детали назначены одинаковых размеров с возможностью нарезания в них резьбы метчиками, что позволяет использовать стандартные циклы обработки.
- Деталь обрабатывается на протяжных станках и имеет равномерную жёсткость по длине и достаточную прочность.
- Размер поверхности детали соответствует нормальному ряду длин.
- Геометрические элементы детали унифицированы по форме и размерам.
- Сквозные отверстия с отношением длины к диаметру более 10 – не предусмотрены.

### 4.3 Составление схемы сборки платы управления

Элементная база состоит из стандартных элементов. Навесные компоненты печатной платы можно разбить на три группы:

- Микросхемы в DIP-корпусах;
- Элементы с цилиндрической формой корпуса (резисторы);
- Элементы со штыревыми выводами (конденсаторы, кварцевый резонатор)

Отсутствие нетиповых корпусов способствует высокой технологичности изделия и позволяет автоматизировать процессы подготовки элементов к монтажу и сборке.

Так как устройство достаточно простое, выбираем схему сборки с базовой деталью (Рис.3). Базовой деталью является заказываемая печатная плата из стеклотекстолита (приложение 1), на которой закрепляются остальные элементы конструкции. Схема сборки с базовой деталью показывает последовательность выполнения операций.

Для начала, работник кладёт партию закупленных плат на сверлильную машину CNC PCB LFG1318 для создания отверстий, необходимых для монтажа платы на защитный корпус. Затем, на печатную плату устанавливаются элементы схемы с помощью автомата установки компонентов AUTOTRONIK BA385V2. Прежде всего, контактная площадка смазывается специальной пастой, которая не только спаивается, но и удерживает различные элементы. Затем, на место пайки устанавливается несколько элементов. После чего осуществляется групповая пайка. Наконец, готовое изделие промывается и покрывается защитным слоем.

Заключительной операцией будет проверка схем управления отделом технического контроля. Для этого будут применены машины AOI.



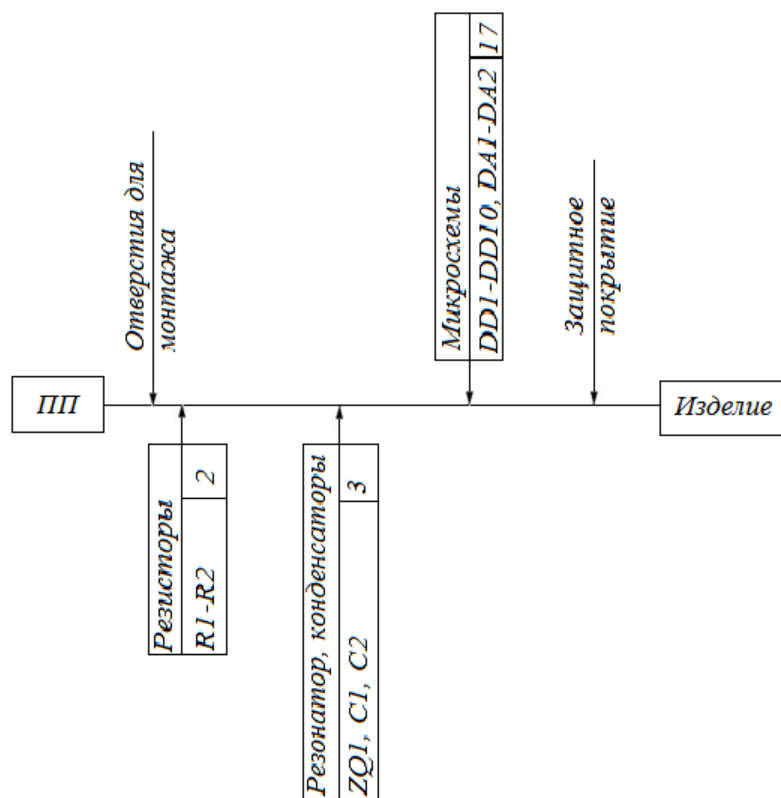


Рисунок 6 - Схема сборки платы управления СНЭС

Таким образом, составляя схему сборки (рисунок 6) определились с последовательностью операций для сборки схемы управления СНЭС.

#### 4.4 Выбор оборудования, приспособлений для сборки и испытания платы управления

Как было сказано ранее, для сборки схемы управления нам понадобится сверлильная машина CNC PCB LFG1318 (рисунок 7); машина AOI (рисунок 8) и автомат установки компонентов AUTOTRONIK BA385V2 (рисунок 9).



Рисунок 7 - Сверлильная машина CNC PCB LFG1318



Рисунок 8 - Машина AOI



Рисунок 9 - Автомат установки компонентов AUTOTRONIK BA385V2

#### **4.5 Разработка маршрутной технологии сборки платы управления**

Маршрутная технология сборки оформляется на маршрутных картах. В маршрутной карте отмечаются наименования операций, записанных в технологической последовательности, а также указываются данные об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.

Маршрутная карта сборки платы управления представлена в приложении 1.

#### **4.6 Определение норм времени на операции и оборудования**

Программа выпуска равна 2500 шт./г. Ниже приведена таблица норм времени общей сборки.

Таблица 1 - Общая сборка изделия

Номер перехода	Содержание работы	Штучное время, $t_{шт}$ , мин
1	Установить партию плат на сверлильную машину, просверлить 4 отверстия	20.00
2	Припаять резисторы на плату	2.00
3	Припаять резонатор и конденсаторы на плату	3.00
4	Припаять микросхемы на плату	17.00
5	Нанесение защитного покрытия	1.00
6	Сушка печатной платы	240.00
7	Приёмно-сдаточные испытания	7.00
Общее время для одного контактора		290.00

Готовые изделия будут выпускаться партиями по 22 штуки. Это связано с рациональным использованием автомата установки компонентов. При непрерывной сборке количество изделий, выпускаемых за один день будет равно:

$$Q_{дн} = \frac{Q_{г} \cdot k}{247},$$

где  $Q_{дн}$  – дневной объем выпуска, шт./день;

$Q_{г}$  – объем запуска, шт./г.

$K$  - принимаемое количество брака, в нашем случае - 5 %.

247 – количество рабочих дней в году.

$$Q_{дн} = \frac{2500 \cdot 1.05}{247} \approx 9 \text{ шт./день}.$$

Проверим, возможно ли произвести общую сборку 9 печатных плат в день.

Время сушки учитывать не будет, т.к. сушка печатных плат будет проходить в нерабочее ночное время.

$$t_{\text{дн}} = t_{\text{шт}} \cdot Q_{\text{дн}} = 50 \cdot 9 = 450 \text{ мин},$$

при длительности рабочей смены в 450 мин (8 часовая рабочая смена, с вычетом свободного времени рабочего) сборка возможна в 1 поток.

Согласно проведенным расчетам рабочие уложатся в план годовой программы выпуска и выпустят 2500 печатных в течение 4 месяцев.

#### **4.7 Построение графика загрузки оборудования для обеспечения заданной программы**

Количество оборудования, необходимое для организации производства, и его загрузка являются исходными данными для проектирования участка цеха. Определяем составляющие на 2016 год, число дней в котором 366.

$V_{\text{д}} = 118$  – количество выходных дней;

$\Pi_{\text{д}} = 14$  – количество праздничных дней;

$\Pi_{\text{пд}} = 5$  – количество предпраздничных дней;

$z = 1$  – число смен работы оборудования;

$K_{\text{р}} = 1$ .

Эффективный годовой фонд времени работы сверлильной машины CNC PCB LFG1318 равен:

$$F_{\text{д}} = [(366 - V_{\text{д}} - \Pi_{\text{д}}) \cdot 8 - \Pi_{\text{пд}}] \cdot z \cdot K_{\text{р}} = [(366 - 118 - 14) \cdot 8 - 5] \cdot 1 \cdot 1 = 1867 \text{ часов}.$$

Расчетное число оборудования равно:

$$C_{\text{р}} = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60 F_{\text{д}}} = \frac{20 \cdot 2500}{60 \cdot 1867} = 0.45, \text{ где}$$

$T_{шт-к}$  – сумма штучно-калькуляционного времени по всем операциям для одного станка.

Принимаем число станков равным  $C_{п}=1$  и определяем коэффициент загрузки оборудования  $K_3 = (C_p / C_{п}) \cdot 100 = (0.45/1) \cdot 100 = 45 \%$ .

Расчетное число автомата установки компонентов AUTOTRONIK BA385V2 равно:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60F_d} = \frac{23 \cdot 2500}{60 \cdot 1867} = 0.51$$

Принимаем число стандов равным  $C_{п}=1$  и определяем коэффициент загрузки станда  $K_3 = C_p / C_{п} \cdot 100 = 0.51/1 \cdot 100 = 51 \%$ .

Расчетное число контрольно-испытательного станда АОІ равно:

$$C_p = \frac{T_{шт-к} \cdot N}{60F_d} = \frac{7 \cdot 2500}{60 \cdot 1867} = 0.16$$

Принимаем число стандов равным  $C_{п}=1$  и определяем коэффициент загрузки станда  $K_3 = C_p / C_{п} \cdot 100 = 0.16/1 \cdot 100 = 16 \%$ .

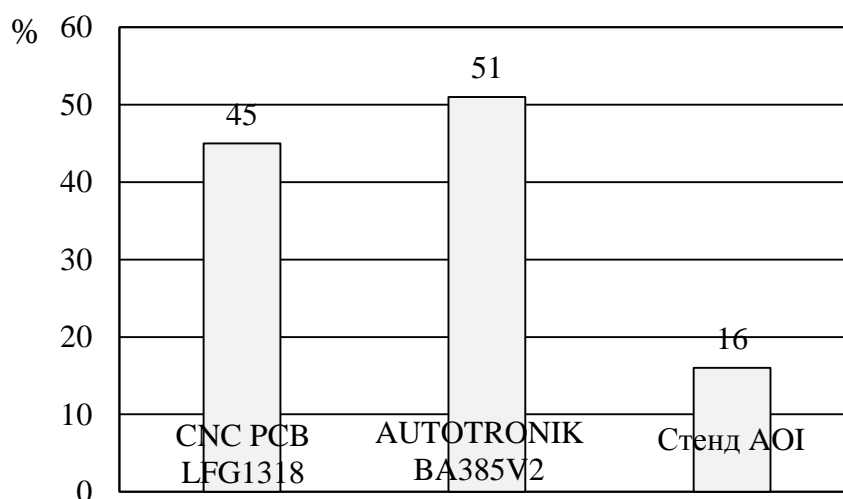


Рисунок 10 - График загрузки оборудования

**Вывод по разделу.** В ходе данной работы был изучен и описан технологический процесс общей сборки платы управления системы непрерывного электроснабжения. Составлена маршрутная карта. Выбрано сборочное оборудование и оснастка. Проведён анализ норм времени.

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;

- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. В данном случае сегментирования целесообразно провести по классам систем непрерывного электроснабжения. Различают три основных класса СНЭС:

- 4) Система с постоянно работающим инвертором в нормальном режиме от выпрямленной сети переменного тока, а в аварийном – от аккумуляторной батареи. Такие СНЭС называют «on-line».
- 5) Источники резервированного питания «of-line», работающие в нормальном режиме от сети, при выключенном инверторе, включающемся в работу при отклонениях напряжения сети за допустимые предел или полном его отсутствии.
- 6) Гибридные, в которых обычные системы «on-line» дополняются устройствами, ограничивающими импульсные перенапряжения и просадку сети переменного тока.

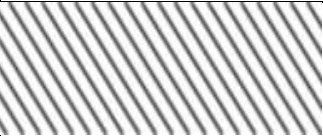
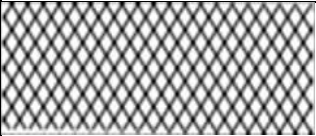

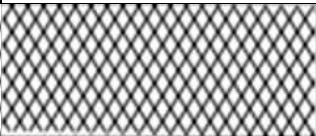

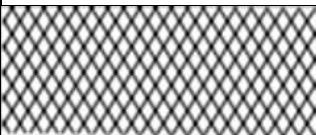
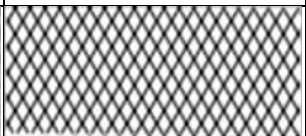
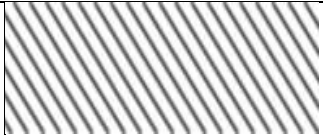
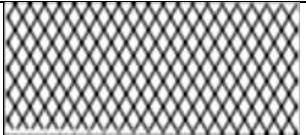
А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 2.



Таблица 2 - Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Системы «on-line»	Системы «of-line»	Гибридные системы
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для «on-line» и «of-line» СНЭС.
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой гибридных СНЭС;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой гибридных систем непрерывного электроснабжения.

## 5.2 Технология QuaD

**Технология QuaD** (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение

целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

*1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

*2) Показатели оценки качества разработки:*

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (таблица 3).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,08	93	100	0,93	7,44
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	90	100	0,9	9
3. Помехоустойчивость	0,05	88	100	0,88	4,4
4. Энергоэкономичность	0,12	93	100	0,93	11,16
5. Надежность	0,07	95	100	0,95	6,65
6. Уровень шума	0,05	85	100	0,85	4,25
7. Безопасность	0,02	85	100	0,85	1,7
8. Потребность в ресурсах памяти	0,03	75	100	0,75	2,25
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	83	100	0,83	4,15
10. Простота эксплуатации	0,04	97	100	0,97	3,88
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	95	100	0,95	3,8

Продолжение таблицы 3

12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	99	100	0,99	5,94
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	92	100	0,92	2,76
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	65	100	0,65	2,85
3. Цена	0,08	70	100	0,7	5,6
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	92	100	0,92	4,6
5. Послепродажное обслуживание	0,02	92	100	0,92	1,84
6. Финансирование научной разработки	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Срок выхода на рынок	0,02	75	100	0,75	1,5
8. Наличие сертификации разработки	0,03	85	100	0,85	2,55
Итого	1				88,72

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{ср} = \sum B_i \cdot B_i = 0,08 \cdot 93 + 0,1 \cdot 90 + \dots + 0,03 \cdot 85 = 88,72 ,$$

где  $П_{ср}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $П_{ср}$  получилось равным 88,72, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

### 5.3 SWOT-анализ

**SWOT** – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

**Первый этап** заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с

конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;

- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?
- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют

разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?
- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?
- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4 - Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4.Повышение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации.</p> <p>С7.Надежность данной системы по сравнению с другими.</p> <p>С8. Высокое качество продукции.</p> <p>С9. Универсальность схемы управления.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 4

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.</p> <p>У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>		

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.



После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

**Второй этап** состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрицы проекта представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта										
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	B1	0	+	0	0	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0	+
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B2B3B4C1C6C7C9

B1C2C5C7C8C9

B4C1C5C6C7C8C9

B5C1C3C4C5C6C7C8C9

Продолжение таблицы 5

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

B5Сл1Сл3

Продолжение таблицы 5

Сильные стороны проекта										
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	У1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	У2	0	0	-	-	-	-	-	-	+
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	-	0	-	-	-	-	-
	У5	0	-	-	-	+	-	-	-	-

Результаты анализа таблицы:

У1С5

У3С1С3С4С6

У2С9

У5С5

Продолжение таблицы 5

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1

У2Сл3

У3Сл1Сл2Сл3

У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 6).

Таблица 6 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4.Повышение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В2В3В4С1С6С7С9</p> <p>В1С2С5С7С8С9</p> <p>В4С1С5С6С7С8С9</p> <p>В5С1С3С4С5С6С7С8С9</p>	<p>В5Сл1Сл3</p>

Продолжение таблицы 6

<b>Угрозы:</b>	У1С5	У1Сл1
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	У3С1С3С4С6	У2Сл3
У2. Развитая конкуренция технологий производства	У2С9	У3Сл1Сл2Сл3
У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	У5С5	У4У5Сл1Сл3
У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.		
У5. Появление новых конкурентных разработок.		

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

#### **5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано, оценку конкурентных инженерных решений. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее двух–трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

### **5.5 Планирование научно-исследовательских работ**

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 7.

Таблица 7 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер

Продолжение таблицы 7

	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы СНЭС	Инженер
	6	Расчет параметров СНЭС	Инженер
	7	Выбор класса СНЭС	Инженер
	8	Расчет предельных СНЭС	Инженер
	9	Разработка математической модели системы СНЭС	Инженер
	10	Оптимизация СНЭС	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{mini}}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

**Диаграмма Ганта** – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (таблица 8).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{о.ж}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{о.ж}}}{\text{Ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$



Таблица 8 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож\acute{e}i}$ , чел-дни								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	2	2	1	4	4	2	3	3	2	3	3	2	5	5	4
Подбор и изучение материалов по теме	6	7	5	10	11	9	8	9	7	8	9	7	13	14	11
Описание объекта автоматизации (модернизации )	4	3	3	7	6	5	6	5	4	6	5	4	10	8	7
Календарное планирование работ по теме	3	4	3	5	6	5	4	5	4	4	5	4	7	8	7
Разработка структурной (принципиальн ой) схемы СНЭС	4	6	5	8	12	10	6	9	7	6	9	7	10	14	11
Расчет параметров СНЭС	4	5	3	8	9	7	6	7	5	6	7	5	10	11	8
Выбор класса СНЭС	5	4	3	9	8	7	7	6	5	7	6	5	11	10	8

Продолжение таблицы 8

Расчет предельных характеристик СНЭС	3	3	2	6	6	4	5	5	3	5	5	3	8	8	5
Разработка математической модели СНЭС	5	4	3	9	8	7	7	6	5	7	6	5	11	10	8
Оптимизация СНЭС	5	4	5	9	8	9	7	6	7	7	6	7	11	10	11
Разработка программы имитационного моделирования	3	4	4	7	8	8	5	6	6	5	6	6	8	10	10
Оценка эффективности полученных результатов	1	2	2	3	4	4	2	3	3	2	3	3	4	5	5
Технико- экономические расчеты	3	3	4	6	7	7	5	5	6	5	5	6	8	8	10
Вопросы безопасности и экологичности проекта	4	4	3	7	7	5	6	6	4	6	6	4	10	10	7
Составление пояснительной записки	1	2	1	3	4	3	2	3	2	2	3	2	4	5	4

Итого длительность работ в календарных днях при использовании

- Первого варианта – 130 календарных дней.
- Второго варианта – 136 календарных дней.
- Третьего варианта – 116 календарных дней.

На основе табл. 8 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности третьего варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 9.

Таблица 9 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ ра бо т	Вид работ	Исполн ители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				фев.		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11													
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7													
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7													
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы СНЭС	Инженер	11													
6	Расчет параметров СНЭС	Инженер	8													



## Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат проводить не будем.

## Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 10.

Таблица 10 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов			Исполнители по категориям			Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания			Руководитель	Руководитель	Руководитель	5	5	4	2351	2351	2351	11755	11755	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме			Инженер	Инженер	Инженер	13	14	11	1523	1523	1523	19799	21322	16753
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)			Инженер	Инженер	Инженер	10	8	7	1523	1523	1523	15230	12184	10661
4	Календарное планирование работ по теме			Руководитель	Руководитель	Руководитель	7	8	7	2351	2351	2351	16457	18808	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы СНЭС			Инженер	Инженер	Инженер	10	14	11	1523	1523	1523	15230	21322	16753
6	Расчет параметров СНЭС			Инженер	Инженер	Инженер	10	11	8	1523	1523	1523	15230	16753	12184
7	Выбор класса СНЭС			Инженер	Инженер	Инженер	11	10	8	1523	1523	1523	16753	15230	12184
8	Расчет предельных характеристик СНЭС			Инженер	Инженер	Инженер	8	8	5	1523	1523	1523	12184	12184	7615
9	Разработка математической модели СНЭС			Руководитель	Руководитель	Руководитель	11	10	8	2351	2351	2351	25861	15230	18808
10	Оптимизация СНЭС			Инженер	Инженер	Инженер	11	10	11	1523	1523	1523	16753	15230	16753
11	Разработка программы имитационного моделирования			Инженер	Инженер	Инженер	8	10	10	1523	1523	1523	12184	15230	15230
12	Оценка эффективности полученных результатов			Руководитель	Руководитель	Руководитель	4	5	5	2351	2351	2351	9404	11755	11755

Продолжение таблицы 10

13	Технико-экономические расчеты	Инженер	Инженер	Инженер	8	8	10	1523	1523	1523	12184	12184	15230
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	Инженер	Инженер	10	10	7	1523	1523	1523	15230	15230	10661
15	Составление пояснительной записки	Инженер	Инженер	Инженер	4	5	4	1523	1523	1523	6092	7615	6092
Итого:											220346	222032	196540

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7);

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.},$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 11).

Таблица 11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб}$$

где  $З_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $З_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $З_{TC}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $З_{TC}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 12.



Таблица 12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	k <sub>пр</sub>	k <sub>д</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	24	56424
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	92	140116
Итого З <sub>осн</sub>								196540

#### Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,13 \cdot 56424 = 7335 \text{ руб}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

#### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (56424 + 7335) = 17279 \text{ руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (таблица 13).

Таблица 13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	63477	65828	56424	8252	8557	7335
Инженер	156869	164484	140116	20393	21383	18215
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	67354					
Исполнение 2	70527					
Исполнение 3	60186					

### Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned}
 Z_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = \\
 &= (196540 + 25550 + 60186) = 45164
 \end{aligned}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 14.

Таблица 14 - Накладные расходы

	$z_{\text{накл}}$ , руб.
Исполнение 1	50615
Исполнение 2	51599
Исполнение 3	45164

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 15.

Таблица 15 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	220346	222032	196540	Пункт 3.4.1
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28645	29940	25550	Пункт 3.4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	67354	70527	60186	Пункт 3.4.3
4. Накладные расходы	50615	51599	45164	16 % от суммы ст. 1-5
5. Бюджет затрат НТИ	369960	374098	327440	Сумма ст. 1- 6

## 5.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

*Интегральный показатель финансовой эффективности* научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

*Интегральный финансовый показатель* разработки определяется как:

$$I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{фин}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 16.

Таблица 16 - Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнение 1	0,98
Исполнение 2	1
Исполнение 3	0,87

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (преобразователь частоты) отражает соответствующее численное удешевление стоимости электропривода при одинаковой мощности. Схема 3 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы (таблица 17).

Таблица 17 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
1. Безопасность	0,2	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5

Продолжение таблицы 17

3.Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	3	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	4
Итого:	1,00	4,3	4,45	4,75

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,75.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта. Таким образом, применение нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения и сейчас остается эффективным. Переход к электроприводу с преобразователем частоты, целесообразен в момент реструктуризации производства, или в тех производственных процессах, когда применение других представленных схем не целесообразно.

**Вывод по разделу.** В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 116 дней. Также был посчитан бюджет НТИ равный 327440 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

## **6 Социальная ответственность**

В данном разделе будут рассмотрены опасности, возникающие при использовании системы непрерывного электроснабжения. К ним относятся шум, вибрация, загрязнение окружающей среды, чрезвычайные ситуации.

Также, в обязательном порядке, в раздел входит информация о мерах защиты для профилактики возникновения опасных ситуаций работы системы непрерывного электроснабжения.

Наконец, раздел включает действия, необходимые для устранения возникшей опасности.

### **6.1 Опасности при эксплуатации системы непрерывного электроснабжения**

Степень защиты проектируемой системы непрерывного электроснабжения IP43. Отсюда следует, что конструкция защищена от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел диаметром более 1 мм. Также, дождь, падающий на оболочку под углом 60 градусов от вертикали, не сможет оказать вредного воздействия на изделие.

Однако, система непрерывного электроснабжения наделена следующими недостатками.

**Повышенный уровень шума.** Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки).

Национальным законодательством с учетом документов Международной организации труда (МОТ), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международной организации по стандартизации (ИСО) устанавливаются гигиенические нормативы по шуму, процедуры управления соответствующими профессиональными рисками на рабочем месте и регламенты медицинского обслуживания в зависимости от вида выполняемых работ.

В настоящем стандарте шум рассматривается только с точки зрения возможного вредного влияния на здоровье работника, в первую очередь, на его орган слуха, и развития в связи с этим профессионального заболевания (нарушение слуха, вызванное воздействием шума).

Источником шума являются устройства вентиляции, работающее оборудование.

Нормирование шума производится по ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности». Предельно допустимый уровень шума < 85 дБА. Возможные последствия отклонения от нормы – нервно-психическая перегрузка, утомляемость, головокружение, травматизм, профессиональные заболевания.

**Повышенный уровень вибрации.** Источники – вентиляторы, установленные в системе подачи воздуха.

Вибрация в помещениях может быть разных видов: синусоидальная (периодическая), случайная или в форме переходного процесса. Типичными примерами источников вибрации каждого вида являются:

- 1) синусоидальная вибрация: машины вращательного действия;
- 2) случайная вибрация: дорожное движение (при интенсивном потоке машин);
- 3) переходные процессы: дорожное движение (единичные транспортные средства), забивка свай, удары, взрывы.



Частотный спектр вибрации определяется видом источника, а также динамическими свойствами здания. Методы измерений и анализа, установленные ИСО/ТС 10811-1, могут быть использованы для описания вибрации любого вида.

Типичный спектр отклика, эквивалентного пиковому значению скорости (далее - спектр отклика), включает в себя низкочастотную область, где характеристика имеет крутизну плюс 6 дБ/октава, и высокочастотный участок с крутизной минус 6 дБ/октава. Подъем характеристики плюс 6 дБ/октава соответствует участку постоянного перемещения, а спад минус 6 дБ/октава - участку постоянного ускорения.

Нормирование вибрации производится по ГОСТ 12.1.012-90. Предельно допустимые уровни вибрации 75-91 дБ. Возможные последствия – профессиональные заболевания.

**Несоблюдение санитарных норм.** Место действия - рабочее место. Нормирование производится по ГОСТ 12.2.032-78. Возможные последствия при отклонении от нормы – утомляемость, травматизм, профессиональные заболевания.

## **6.2 Анализ нанесения вреда окружающей среде**

В атмосферу от системы непрерывного электроснабжения выделяются вредные вещества, такие как аэрозоль свинца, использовавшегося при пайке, пары промывочных растворов (отработанной спиртово-бензиновой смеси), пары флюса. Обтирочные материалы, оставшиеся после промывки печатных плат, сжигаются, тем самым также загрязняя атмосферу. Нормирование вредных веществ в воздухе рабочей зоны производится по ГОСТ 12.1.005-83. При попадании в атмосферу перечисленные вещества оказывают губительное воздействие на природу, вызывают отравление у животных и людей. Источником загрязнения литосферы являются аккумуляторные батареи. Срок утилизации этих устройств очень велик. Так, при разложении батарей в земле, местность будет не пригодна для жизни флоры и фауны. Кроме этого, вредное воздействие на окружающую среду оказывают твердые отходы производства:

обрезки стеклотекстолита, устаревшее оборудование, лампы и другие. Поэтому их подлежит складировать и утилизировать согласно СНиП 2.01.08-85.

### **6.3 Анализ возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на рабочем участке.**

На рабочем участке могут возникнуть как техногенные чрезвычайные ситуации (пожар, взрыв) так и природные – поражение молнией.

Наиболее тяжелые техногенные чрезвычайные ситуации - взрывы и пожары. При этом возникают опасные факторы, обусловленные не только авариями, но и их последствиями. На рабочем участке применяются аккумуляторные батареи, что может влечь за собой пожаро- и взрывоопасные ситуации. В воздухе рабочей зоны высокая концентрация вредных веществ и газов может привести к возникновению взрывов.

Поражение людей молнией на рабочем участке может произойти через внешние металлические сооружения и коммуникации. Молния оказывает на человека тепловое, механическое и электромагнитное воздействие. Электростатическая индукция проявляется в появлении на незаземленных металлических предметах высоких электрических потенциалов, которые приводят к искрению между отдельными элементами конструкции. Защита от воздействия молнии осуществляется молниеотводами в соответствии с СО153-34.21.122-2003. В результате электромагнитной индукции, обусловленной быстрым изменением значения тока молнии в металлических незамкнутых контурах, находятся электродвижущие силы, приводящие к опасности искрообразования между ними в местах сближения этих контуров.

### **6.4 Мероприятия и средства по технике безопасности.**

Для обеспечения техники безопасности проектом предусмотрено:

1. Меры по электробезопасности с учетом категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;
2. Обучение людей безопасным приемам работы.

Для обеспечения электробезопасности проектом предусмотрено:

- надежная изоляция токоведущих частей оборудования (0,5 Ом по ГОСТ 12.1.038-82);
- зануление металлических корпусов, каркасов, кожухов приборов и оборудования (по ГОСТ 12.1.030-81); обеспечение недоступности для случайного прикосновения к токоведущим частям оборудования, находящихся под напряжением, за счет применения ограждения;
- устранение опасности поражения при проявлении напряжения на корпусах оборудования за счет зануления в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81.
- обеспечение надежной электрической защиты блоков питания от перегрузок, исключение возможности короткого замыкания;
- системы автоматического отключения, АСТРО УЗО;
- применение исправного рабочего инструмента с изолированными ручками;
- применение понижающего трансформатора (40В) для питания электроинструментов.

Основным административным мероприятием по технике безопасности людей является инструктаж по безопасным методам работы с системой непрерывного электроснабжения, использование индивидуальных средств защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011-88.

На рабочем месте также предусмотрены: местная вытяжная вентиляция в виде бокса и местное освещение.

Для обеспечения защиты от шума и вибрации проектом предусмотрено:

- применение в системах вентиляции электродвигателей с пониженным уровнем акустического шума.
- установка наружных электродвигателей на отдельный фундамент, что уменьшает вибрацию.
- применение шумопоглотителей в системе вентиляции и кондиционирования.

В местах стыка предусмотрены виброизоляционные прокладки.

- для уменьшения уровня шума от применения систем вентиляции, используются электродвигатели с пониженным уровнем акустического шума и трубчатые глушители с диаметром 150мм;
- для защиты от статического электричества применяются: заземление объектов, антистатический пол, сотрудники обеспечены антистатической одеждой и обувью, антистатическими браслетами в соответствии с ГОСТ 12.4.124-83.

### **6.5 Мероприятия и средства по защите окружающей среды.**

Для обеспечения охраны атмосферы от вредного влияния работ, производимых системой непрерывного электроснабжения, проектом предусмотрена установка фильтров для очистки удаляемого местными отсосами воздуха, выбрасываемого в атмосферу, от свинца и его неорганических соединений.

ПДК вредных веществ в воздухе регламентируется ГОСТ 12.1.005-85 и должна составлять для свинца и его неорганических соединений не более 0,01мг/м<sup>3</sup>.

Проектом предусмотрено производить очистку удаляемого местными отсосами воздуха рукавными фильтрами. В корпусе фильтра устанавливается необходимое число рукавов, во внутреннюю полость которых подается запыленный газ от входного патрубка. Частицы загрязнений за счет ситового и других эффектов оседают в ворсе и образуют пылевой слой на внутренней поверхности рукавов. Очищенный воздух выходит из фильтра в окружающую среду. При достижении максимального допустимого перепада давления на фильтре его отключают от системы и производят регенерацию встряхиванием рукавов с обработкой их продувкой сжатым газом. При этом воздухообмен помещения участка с окружающей средой осуществляется общей приточно-вытяжной вентиляцией.

Для обеспечения защиты литосферы проектом предусмотрено:

- утилизация отходов производства;
- сдача, учет, хранение, правильная транспортировка вышедших из строя ламп ЛД, ЛБ, а также дальнейшая их утилизация.

## **6.6 Мероприятия и средства по обеспечению защиты при чрезвычайных ситуациях.**

При анализе чрезвычайных ситуаций выявили, что сборочный участок может подвергаться пожарам и ударам молнии.

Для предупреждения возникновения пожаров, в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91, проектом предусмотрены мероприятия и средства защиты при чрезвычайных ситуациях:

- при строительстве помещения предусмотрено наличие запасных выходов, наружных лестниц, несгораемых перегородок;
- в помещении установлена правильно рассчитанная и работоспособная вентиляция;
- предусмотрено наличие на сборочном участке в местах легкого доступа углекислотных огнетушителей ОУ-3 в количестве 2 штук;
- профессиональный осмотр и ремонт электрооборудования, системы вентиляции, отопления, кондиционеров и осветительных установок.

Проектом также предусмотрены: регулярный инструктаж по ТБ при работе с горючими веществами; защита от электроиндукции, присоединении им корпуса к заземлению; наличие плана эвакуации людей.

Для защиты от поражения молнией используются молниеотводы. Проектом предусмотрена молниезащита 3 категории (согласно СО153-34.21.122-2003), которая выполнена путем наложения металлической сетки на металлическую кровлю с шагом не более 6х6 метров. Поражение молнией сходно с поражением электрическим током, поэтому люди должны знать способы оказания первой доврачебной медицинской помощи пострадавшему.

Согласно СнИП 2.09.02-85 и 2.01.02-85 для обеспечения быстрой эвакуации людей в случае пожара проектом предусмотрен эвакуационный выход со

сборочного участка, наименьшая величина проходов -1м, коридоров -1,2м, дверей - 0,6м, лестничной площадки-1,05м.

#### **6.7 Влияние магнитного поля на организм человека и средства защита от него.**

Магнитные поля, как и электрические поля, имеют очень сильные способы влияния на структуру биологических объектов, которые находятся в радиусе их воздействия. Важно, чтобы уровень магнитных излучений был нормальным и допустимым по своим показателям и силовым данным. За устойчивость к магнитному полю промышленной частоты отвечает ГОСТ Р 50648-94.

Как правило, все бытовые приборы изготавливаются в пределах допустимых норм магнитного излучения, что не должно вызывать особых изменений в организме человека и его здоровье. Человек постоянно находится под воздействием магнитных влияний, при этом реагируя на них с индивидуальными характеристиками. Но, для того, чтобы воздействие привело к патологии или привело к заболеваниям, нужно совпадение нескольких условий: долгий период излучение магнитного поля и его непрерывность. А это означает, что периодическое использование бытовой техники не способно сильно влиять магнитными излучениями, в редких случаях людей и аллергическими реакциями.

Для создания опасности для человеческого организма магнитное поле должно быть на протяжении 8 часов и продолжаться несколько лет.

Как оградить себя от избытка магнитного влияния?

Чтобы оградить людей от избытка магнитного влияния следует держать спальное место на расстоянии 2 метров от системы непрерывного электроснабжения, чтобы не допустить вредного влияния устройства во время сна. Размещая систему непрерывного электроснабжения в квартире, следует держать его подальше от областей отдыха, не размещать несколько устройств близко друг к другу и не ставить их один на другой.

Также, для защиты людей от воздействия электромагнитных полей используют другие различные способы и средства. Уменьшают

напряженность и плотность потока энергии электромагнитного поля; экранируют рабочие места; удаляют рабочие места от источника электромагнитного поля; рационально размещают в рабочем помещении оборудование, излучающее электромагнитную энергию; устанавливают рациональные режимы работы оборудования; применяют средства предупреждающей сигнализации (световой, звуковой и т. д.), средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты относятся экраны, изготовленные из металлизированных материалов. Для защиты тела используют капюшоны, халаты или комбинезоны, выполненные из металлизированной хлопчатобумажной ткани; для защиты глаз-специальные радиозащитные очки ОРЗ-5, плотно прилегающие к коже лица и имеющие стекла, отражающие электромагнитные излучения.

**Вывод по разделу.** В разделе «Безопасность и экологичность проектных решений» дипломного проекта был рассмотрен ряд вопросов по технике безопасности, производственной санитарии, экологичности работы системы непрерывного электроснабжения.

Был проведен анализ:

1. Потенциальной опасности исследуемого объекта для людей и окружающей среды;
2. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности на рабочем участке;
3. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях.

В целом условия труда помещении соответствует общепринятым нормам.

Поэтому, систему непрерывного электроснабжения можно использовать для работы, не опасаясь возникновения непредвиденных ситуаций, но быть готовым к их немедленному устранению.

## Заключение

Во введении был проведён системный анализ, рассмотрены варианты существующих систем бесперебойного электропитания. Из трёх вариантов основных классов СНЭС:

- 1) Системы с постоянно работающим инвертором в нормальном режиме от выпрямленной сети переменного тока, а в аварийном – от аккумуляторной батареи. Такие СНЭС называют «on-line».
- 2) Источником резервированного питания «of-line», работающего в нормальном режиме от сети, при выключенном инверторе, включающемся в работу при отклонениях напряжения сети за допустимые предел или полном его отсутствии.
- 3) Гибридном, в котором обычные системы «on-line» дополняются устройствами, ограничивающими импульсные перенапряжения и просадку сети переменного тока.

Аргументирована необходимость выбора системы «on-line».

В расчётной части произведены расчёты элементов, необходимых для проектирования системы непрерывного электроснабжения. К ним относятся входной выпрямитель и фильтр, схема силового инвертора, выходной фильтр, силовой трансформатор, аккумуляторная батарея, усилитель мощности, схема управления системы бесперебойного электропитания, блок обратной связи, блок защиты, устройство контроля напряжения питающей сети, а также блок питания собственных нужд. В расчётной части приведены схемы основных блоков.

В разделе «Технология производства электрических аппаратов» представлен технологический процесс общей сборки платы управления системы непрерывного электроснабжения. Составлена его маршрутная карта. Выбрано сборочное оборудование и оснастка. Проведён анализ норм времени. В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была доказана экономическая конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 116 дней. Также был посчитан бюджет научно-технической информации равный 327440 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников. В разделе «Социальная ответственность» рассмотрели ряд вопросов по



технике безопасности, производственной санитарии, экологичности работы системы непрерывного электроснабжения.

Был проведен анализ:

1. Потенциальной опасности исследуемого объекта для людей и окружающей среды;
2. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности на рабочем участке;
3. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях.

В целом, работа устройства соответствует общепринятым нормам. Поэтому, систему непрерывного электроснабжения можно использовать для работы, не опасаясь возникновения непредвиденных ситуаций.

## Список используемой литературы

1. Фромберг Э.М. Конструкции на элементах цифровой техники / Э. М. Фромберг. – М. : Горячая линия-Телеком, 2002. – 264 с. : ил
2. Бутырин П.А. Электротехника: учебник / П. А. Бутырин, О. В. Толчеев, Ф. Н. Шакирзянов; под ред. П. А. Бутырина. – М.: Академия, 2006. – 268 с. : ил.
3. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. – М.: Энергоиздат, 1981. - 360 с.
4. Белопольский И.И., Каретникова Е.И., Пикалова Л.Г. Расчёт трансформаторов и дросселей малой мощности. – М.: Энергия, 1973. - 400 с.
5. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Три Л, 2000. - 400 с.
6. Яковлев А.А. Разработка множеств технических решений установок для преобразования энергии: монография / А. А. Яковлев. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 128 с.
7. Веденеев Г.М. Силовые биполярные транзисторы при работе в ключевых режимах. – М.: Издательство МЭИ, 1992. - 88 с.
8. Вересов Г.Г., Смуряков В.А. Стабилизированные источники питания радиоаппаратуры. – М.: Энергия, 1978. - 192 с.
9. Единая система конструкторской документации: Справочное пособие / С.С. Борушек, А.А. Волков, М.М. Ефимов и др. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 352 с.
10. Интегральные микросхемы. Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. – М.: Издательство Додека, 1997. – 224 с.
11. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Под редакцией Г.С. Найвельта. – М.: Радио и связь, 1985. – 575 с.
12. Иванов – Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства ГЭС. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.
13. Кобзев А.В., Михальченко Г.Л., Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. – Томск: Радио и связь. 1990. – 336 с.

14. Малогабаритные трансформаторы и дроссели: Справочник / И.Н. Сидоров, С.В. Скорняков, В.В. Христинин – М.: Радио и связь, 1985. – 415 с.
15. Матханов П.Н., Голицин Р.З. Расчёт импульсных трансформаторов. – Л.: Энергия, 1980. – 109 с.
16. Моин В.С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 376 с.
17. Пилинский В.В. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом для электронной аппаратуры. – Киев: КИИ, 1985. – 104 с.
18. Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. – М.: Радио и связь, 1989. – 160 с.
19. Полупроводниковые выпрямители / Под редакцией Ф.И. Ковалева и Г.П. Мостковой. – М.: Энергия, 1978. – 448 с.
20. Григораш О.В. Электротехника и электроника: учебник для вузов / О. В. Григораш, Г. А. Султанов, Д. А. Нормов. – Ростов-на-Дону; Краснодар: Феникс: Неоглори, 2008. – 462 с.: ил.
21. Аванесян Г.Р., Левшин В.П. Интегральные микросхемы ТТЛ, ТТЛШ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1993. - 256 с.
22. Бас А.А., Миловзоров В.П., Мусолин А.К. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом. – М.: Радио и связь, 1987. - 160 с.
23. Елифанов А.П. Электромеханические преобразователи энергии: учебное пособие / А.П. Елифанов. – СПб.: Лань, 2004. – 208 с.: ил.
24. Варынаев В.Н. и др. Химические источники тока. – М.: Высшая школа, 1990. - 240 с.
25. Электронные аппараты. Интернет-магазин - [www.einfo.ru](http://www.einfo.ru).
26. Форум по электронике. Интернет-магазин - [www.kazus.ru](http://www.kazus.ru).
27. Технический портал. Справочник по микросхемам ТТЛ - [www.qrz.ru](http://www.qrz.ru).
28. Магазин радиоэлектронных компонентов - [www.radio-komplekt.ru](http://www.radio-komplekt.ru).
29. Интернет-магазин радиодеталей. Конденсаторы. - [www.pptc.ru](http://www.pptc.ru).

<div> <div>Перв. примен.</div> <div>Справ. №</div> </div>		<div>ФЮРА.565200.001</div>				
<div>Инв. № подл.</div> <div>Изм. №</div> <div>Взам. инв. №</div> <div>Инв. № дубл.</div> <div>Подп. и дата</div>						

Копировал

Формат А4

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Инв. № подл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(180deg); transform-origin: right top;">ФЮРА.562420.001 Э</div> <div style="clear: both;"></div>															
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(180deg); transform-origin: right top;">ФЮРА.562420.001 Э</div> <div style="clear: both;"></div>															
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(180deg); transform-origin: right top;">Усилитель мощности с оптоэлектронной развязкой. Схема электрическая</div> <div style="clear: both;"></div>															
<div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(180deg); transform-origin: right top;">ТТУ, ЭНИИ, гр.5Г2Г</div> <div style="clear: both;"></div>															

Копировал
Формат А4

Форм	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4			ФЮРА.672456.001 ПЗ	Пояснительная записка	1	
A3			ФЮРА.672456.001 СБ	Сборочный чертёж	1	
				<u>Детали</u>		
		1	ФЮРА.734062	Плата печатная	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		2		AD673	1	
				ГОСТ 17467-88		
		3		K1108ПА1	1	
				ГОСТ 17467-88		
		4		K140УД6	1	
				ГОСТ 17467-88		
		5		1553/АЗ	2	
				ГОСТ 17467-88		
		6		1533/Н1	1	
				ГОСТ 17467-88		
		7		1554ИЕ23	2	
				ГОСТ 17467-88		
				ФЮРА.672456.001		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система непрерывного электроснабжения. Схема управления	
Разраб.	Атакишиев					
Провер.	Баранов П.А.				ТПУ, ЭНИН, гр. 5Г2Г	
Утвердил						

[illegible]

ФЮРА.672456.001 Э

Перв. примен.

Справ. №

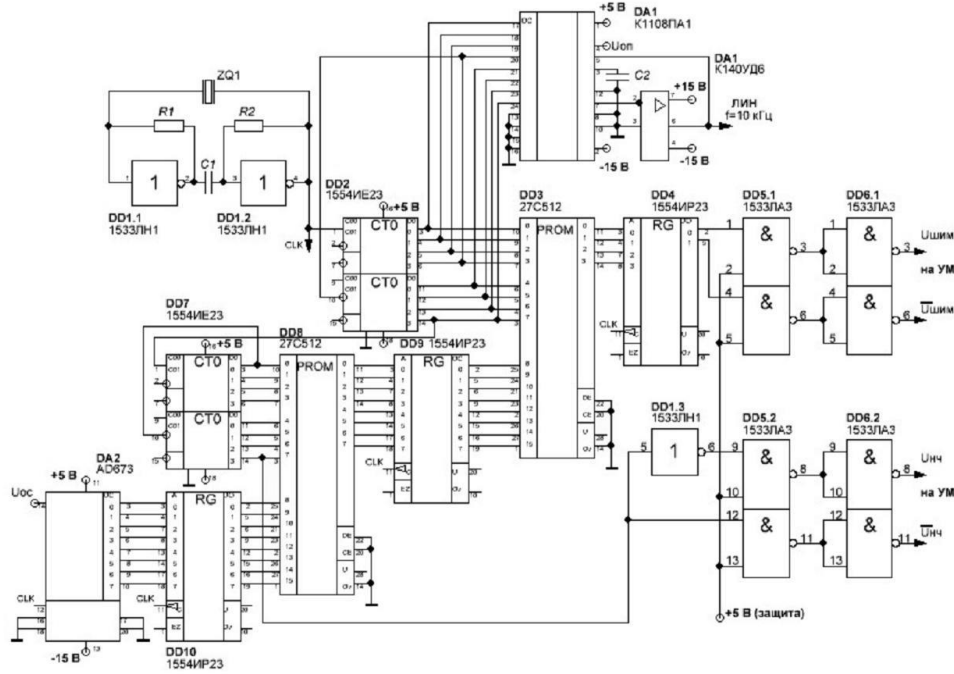
Подп. и дата

Подп. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



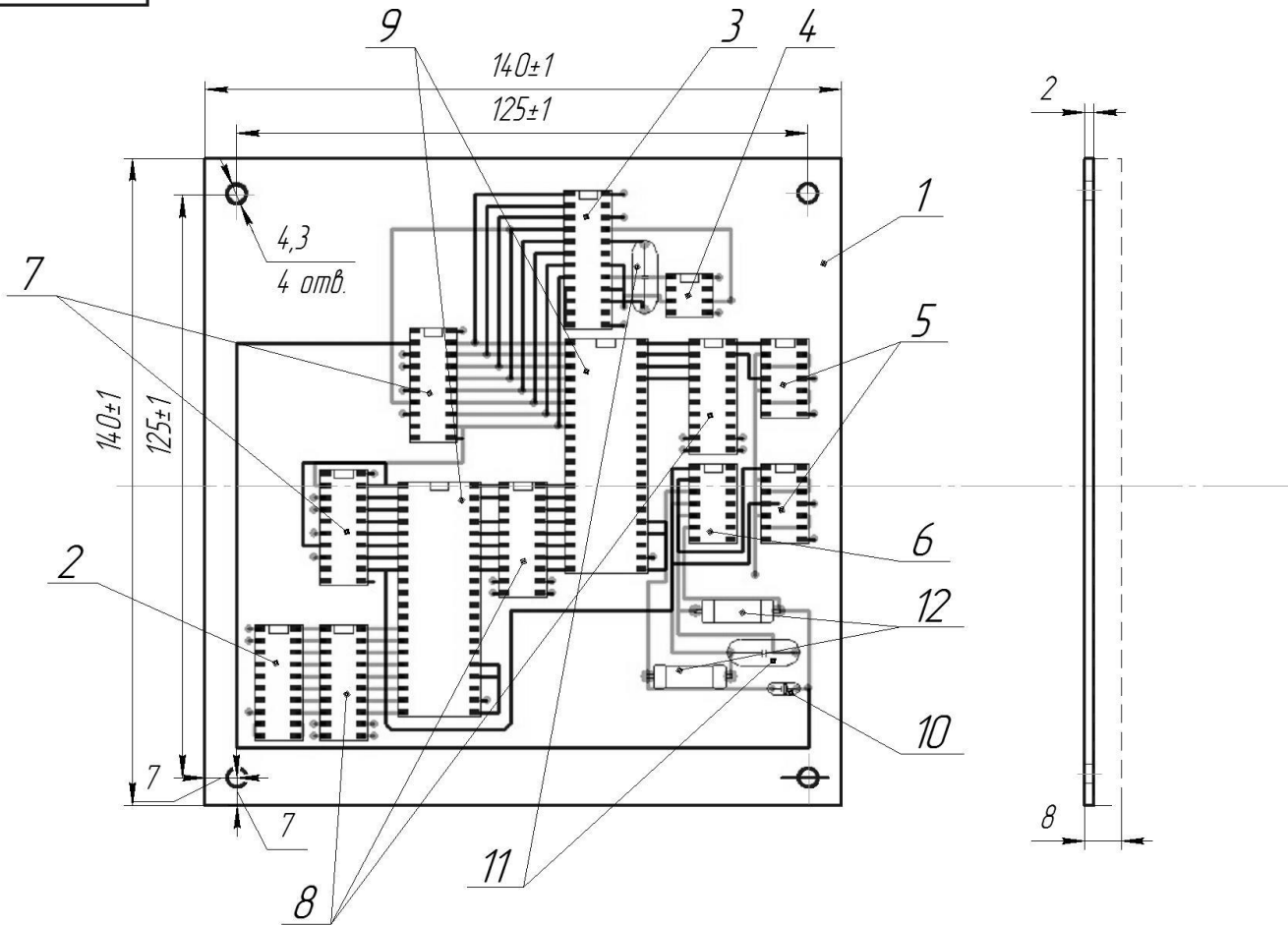
ФЮРА.672456.001 Э				Система непрерывного электроснабжения. Схема управления		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масштаб
Разраб.	Атакишев Р.С.				У	1:1
Проб.	Баранов П.Р.				Лист	Листов 1
Т.контр.					ТПУ, ЭНИИ, гр.5Г2Г	
Н.контр.						
Утв.						

Копировал

Формат А3



ФЮРА.672456.001 СБ



				ФЮРА.672456.001 СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система непрерывного электроснабжения. Схема управления	
Разраб.	Атакишев Р.С.					
Проб.	Баранов П.Р.				Лит. Масса Масштаб	
Т. контр.					у	1:1
Н. контр.					Лист	Листов 1
Утв.					ТПУ, ЭНИИ, гр.5Г2Г	

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Дубл.														
Взам.														
Подп.														

106

98

ТПУ

ФЮРА.672456.001

ТПУ.10088.013

# КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на маршрутный технологический процесс сборки и механической обработки  
платы управления системы непрерывного электроснабжения

ТЛ

Титульный лист

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
Разраб.	Атакишиев Р.С.					ТПУ			ФЮРА. 672456.001									
Провер.	Баранов П.Р.																	
Т. контр.																		
Н. контр.																		
Утв.									Печатная плата									
M01																		
	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КВМ	Код загот.	Профиль и размеры		КД	МЗ						
M02				13,22				Штамповка				13,9						
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наимен. операции			Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
A01	005 8864 комплектовочная								0335		1Р	1	1	1	34	1	1	
B02	Верстак 1-2-2 ОСТ4. ГО. 060.006; Ножницы арт.505-3р; Пинцет ПГТМ-120 ОСТ4.ГО.060.013																	
T03	Костюм х/б Ми ГОСТ 27575-87																	
T04	Ботинки кожаные Мун ГОСТ 12.4.032-77																	
T05	Берет																	
T06	Перчатки х/б Ми ТУ 17 06-7745-84																	
O07	Взять упаковку с резисторами и соответствующий инструмент																	0,02
O08	Вскрыть упаковку с резисторами																	0,02
O09	Извлечь резисторы из упаковки и открепить от подложки																	0,03
O10	Проверить наличие маркировки и отсутствие внешних дефектов																	0,02
O11	Уложить резисторы в технологическую тару																	0,02
O12	Отложить инструмент и упаковку																	0,02
O13	Повторить операции O7... O12 для всех типов элементов																	0,13
МК																		1





[illegible]

[illegible]





[illegible]

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
Разраб.	Атакишиев Р.С.				ТПУ				ФЮРА. 672456.001								
Провер.	Баранов П.Р.																
Т. контр.																	
Н. контр.																	
Утв.					Печатная плата												
M01																	
	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КВМ	Код загот.		Профиль и размеры					КД	МЗ	
M02				13,22				Штамповка								13,9	
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наимен. операции			Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	Е Н	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
A01	005 0390 контроль, работоспособность							0335		1Р	1	1	1	34	1	1	
B02	Машина АОI																
T03	Костюм х/б Ми ГОСТ 27575-87																
T04	Ботинки кожаные Мун ГОСТ 12.4.032-77																
T05	Берет																
O07	Взять технологическую тару с платами и установить в машину АОI																0,02
O08	Провести лазерный анализ платы																0,02
O09	Провести анализ платы на работоспособность																0,02
O10	Извлечь платы из машины АОI																0,03
O11	Уложить проверенные платы в технологическую тару																0,02
МК																	1